汉译世界学术名著丛书

自然哲学

〔德〕莫里茨·石里克 著



VISIT…

LANZAROTE Caliente.COM

汉译世界学术名著丛书

自然哲学

〔德〕莫里茨·石里克 著
陈维杭 译



商务印书馆
1997年·北京

汉译世界学术名著丛书
自 然 哲 学
〔德〕莫里茨·石里克 著
陈 维 杭 译

商 务 印 书 馆 出 版
（北京王府井大街36号 邮政编码100710）
新华书店总店北京发行所发行
民 族 印 刷 厂 印 刷
ISBN 7-100-00525-6/B·68

1984年11月第1版 开本850×1168 1/32
1997年5月北京第3次印刷 字数78千
印数7 000册 印张3½ 插页4
（60克纸本）定价：5.60元

汉译世界学术名著丛书
出版说明

我馆历来重视移译世界各国学术名著。从五十年代起，更致力于翻译出版马克思主义诞生以前的古典学术著作，同时适当介绍当代具有定评的各派代表作品。幸赖著译界鼎力襄助，三十年来印行不下三百余种。我们确信只有用人类创造的全部知识财富来丰富自己的头脑，才能够建成现代化的社会主义社会。这些书籍所蕴藏的思想财富和学术价值，为学人所熟知，毋需赘述。这些译本过去以单行本印行，难见系统，汇编为丛书，才能相得益彰，蔚为大观，既便于研读查考，又利于文化积累。为此，我们从 1981 年至 1986 年先后分四辑印行了名著二百种。今后在积累单本著作的基础上将陆续以名著版印行。由于采用原纸型，译文未能重新校订，体例也不完全统一，凡是原来译本可用的序跋，都一仍其旧，个别序跋予以订正或删除。读书界完全懂得要用正确的分析态度去研读这些著作，汲取其对我有用的精华，剔除其不合时宜的糟粕，这一点也无需我们多说。希望海内外读书界、著译界给我们批评、建议，帮助我们把这套丛书出好。

商务印书馆编辑部

1987 年 2 月

B7622/07

Moritz Schlick

OF NATURE PHILOSOPHY

根据纽约 Philosophical Library 1949 年版译出

目　　录

原编者序……1
第 一 章　自然哲学的任务……5
第 二 章　图象式世界观及其限度……8
（一）宏观宇宙……8
宇宙的时间性演化……11
（二）微观宇宙……14
第 三 章　描述与说明……17
第 四 章　理论的结构……21
第 五 章　理论与图象式模型……25
第 六 章　论空间测定的意义……28
第 七 章　四维世界……36
广义相对论的基础……39
第 八 章　约定论批判……41
第 九 章　狭义相对论的基本思想……45
第 十 章　经典物理学中的因果原理……47
第十一章　统计的研究方法……50
第十二章　新物理学的基本概念……53
第十三章　新物理学中的因果性……57
第十四章　生物学的基本问题……58
第十五章　生命的判据……59
第十六章　活力论……62

附录……69
必然性与力……69
原子的概念……73
(一) 机械原子论……73
(二) 动力原子论……78
(三) 连续论(涡旋原子)……80
(四) 唯能论……84
(五) 电原子论……87
宇宙的时间性演化……92
主题索引和部分译名对照……98
人名索引……104
译后记……106

原编者序

自从维也纳大学哲学教授莫里茨·石里克被一个疯子杀害以来，已经过去了整整十二年。不仅在奥地利，而且在全世界的哲学史上，石里克已留下了他个人的痕迹。

石里克给他的朋友们和学生们留下了深刻而持久的印象。其原因何在？他的目标不是在于要发展一种新的哲学体系，而是要教导一种探讨哲理的科学方法。这种方法被他的助手弗雷德里克·魏斯曼描述为是迄今以来所进行过的最合逻辑和最为根本性的尝试之一，其目的是要克服各哲学体系之间的分裂，达到一种本身并不具有倾向性同时却汇集了各种倾向的哲学观点①。

一个有着这种眼界的思想家，对于阐明哲学与各精密科学之间的关系这样一个任务是不会忽略的。石里克的《普通认识论》②用一种(他甚至一直坚持到晚期的)形式给出了他对这一问题的解答。他主张，科学的任务在于要获得关于实在的知识；科学的真正成就既不能被哲学所毁坏，也不能被哲学所更改；“而哲学的目标是正确地解释这些成就并阐明它们的最深刻的意义。这一解释既是最终的也是最高的科学任务，而且将永远是这样。”

当石里克还是一个年轻的学生在他故乡柏林上中学时，他对数学和科学已经发生了强烈的兴趣。在海德堡大学、洛桑大学和柏林大学，他选择物理学作为他的主修科。他交给普朗克的学位

① 石里克:《论文集》，序言。维也纳 1938，第 XXV 页。

② 《普通认识论》，柏林 1925，第二版，第 367 页。

论文是《论光的反射》。1904年他在柏林大学获得博士学位。

在很早的时期，石里克的兴趣已超出了精密科学的范围。他最初的一些著作涉及到伦理学和美学的问题。1910年他在罗斯托克的就职演说题目是:《从现代逻辑学看真理的性质》。

石里克即使是在讲授哲学的时期也仍然与科学的理论研究保持密切的接触。同时，他与物理学家普朗克、爱因斯坦，数学家希尔伯特之间保持着个人的友谊。1917年他以《当代物理学的空间与时间》为题写了一篇解释相对论的导言。次年，他的最渊博的著作《普通认识论》出版。

石里克在基尔执教一年之后受聘到维也纳担任"归纳科学的哲学"教授。这一席位在他之前曾由物理学家恩斯特·马赫和路德维希·玻尔兹曼担任。在1922至1923年冬季学期里石里克最初的讲座是自然哲学。这一领域也就是他为德索尔在1925年出版的《哲学教程》所写的文章的主题①。

石里克在维也纳的影响使哲学活动重新大大活跃起来。这种哲学活动已超出了大学的范围。除了关于自然哲学、逻辑学及认识论、人生哲学、伦理学以及文化历史哲学的讲课以外，还有各种哲学研究讨论会及其报告和讨论；这些对于奥地利的和来自国外的学生都具有极大的吸引力。不仅如此，和石里克保持联系的还有许多哲学家和各科学专科的杰出代表——例如，象数学家和逻辑学家哈恩、门格尔、塔尔斯基，社会学家纽拉特，哲学家卡尔纳普、贡佩尔茨、克拉夫特、魏斯曼和齐尔泽尔。这一学派的结合并不是因为他们在观点上互相一致，他们是由一种非教条的科学的哲学探讨方式联结在一起了。这种方法要求任何断言都得有一个基础。

① 《哲学在其独自的领域中》，柏林 O.J.(1925)，第二卷，第393—492页。

1929年石里克作为客座教授到美国加利福尼亚州利兰·斯坦福大学讲学。同年九月在布拉格举行了精密科学的方法论会议，使称为维也纳学派的这一群学者同国外的数学家、物理学家有了更密切的接触。1931年，这一学派联合杜比斯拉夫、赖兴巴赫在柏林组织的"经验哲学学会"，创立了一种以《认识》为刊名的杂志。同类的倾向在该杂志中获得了表现。

路德维希·维特根斯坦的《逻辑哲学论》对于维也纳学派的发展有着相当重大的贡献。该文先于1921年发表在奥斯特瓦尔德的《自然哲学年鉴》中，1922年又发表于伦敦。维特根斯坦把被人们认为不可解答的某些哲学问题归因于这些问题没有被表达得足够清楚："哲学应当把思想弄清楚，并给思想划定明确的界限。要不然，思想就可以说是晦暗而模糊的了。"① 但是，由于思想是以语言来表达的，因此，哲学的正当任务就是语言的逻辑分析。

在1926年至1936年这一时期中，石里克写了一系列论文。这些论文在一定程度上受到了维特根斯坦的启发，并表现出极其富于成果的智力发展的征兆。此外，在1930年，他的《伦理学问题》作为"科学地认识世界"丛书之一而出版。该丛书是他与菲利普·弗兰克共同编辑的。

石里克曾计划用这一时期获得的新的想法和灵感来修订他的《普通认识论》。但这一计划永远未能实现。1936年6月22日石里克要在维也纳大学作他的物理哲学课程的最后一讲。当他走上大学的楼梯去讲课时，致命的枪弹结束了他的生命。

在石里克遗下的包括其早期讲课笔记的那些著作中，发现了一份手稿。稿内写着极为简明而重要的物理哲学大纲。这就是石里克在1932至1933年冬季学期据以讲课的原稿（同时还存有一

① 《逻辑哲学论》，伦敦1922，第76页。

个打字副本)。该文经石里克进一步修订增补之后又用于1936年夏季学期的课程。这后一个本子,加上编者注,构成了本书的主要部分。由于对生物学与物理学之间关系的研究,虽在石里克的计划之中,却未被包括在这个手稿之内,因此本书编者把听石里克1927年讲课(最后一次论及物理学与生物学的关系)时的逐字笔记合并在本书的正文中(第十四至十六章)。在手稿的打字副本中也涉及到石里克为德索尔的《哲学教程》撰写的关于自然哲学的更为详细的讨论。经出版者乌尔施泰因的同意,其中某些对补充手稿本有重要意义的部分被列为本书的附录。

我们愿借此机会感谢阿尔弗雷德·沙伊贝尔博士允许我们利用他听石里克1927年讲课时所记的笔记。

在出版石里克遗下的这些论述自然哲学的笔记时,本书编者的愿望是要使科学哲学的所有朋友和拥护者都能了解石里克的思想在这样一个领域内的最终结果,在这个领域中所有有资格作判断的人都公认他是一位大师。同时,编者也希望能借此略表自己对老师的感谢。

瓦尔特·霍利切尔
约瑟夫·劳舍尔
1948年6月于维也纳

第一章　自然哲学的任务

给自然哲学的基本特点下定义，最简单的方法就是陈述它和自然科学的关系。从西方思想的最初时期开始一直到牛顿，甚至到康德的时代，人们从未对自然哲学与自然科学作过区别。但从那时以来，(属于自然哲学的)思辨方法似乎已把自己从(属于自然科学的）实验程序中分离了出来。结果到十九世纪中叶才开始弄清楚，思辨方法原来是一种骗人的东西，它走的是一条死胡同。此后接着的是一个哲学被自然探索者轻视的时期。直至二十世纪初，“自然哲学”这一名称才又恢复了它的尊严。同时由于自然科学的空前进展，对自然科学的哲学方面的考虑重又引起了普遍的兴趣。由于当时流行的对待哲学的一般态度，自然哲学的任务最初被规定为(1)为获得全部自然过程的完整图象而对知识进行综合，以及(2)对自然科学的各个基础在认识论上加以辩白。

但是这是一个不能令人满意的定义，因为自然科学的任务或目的就是要获得有关一切自然事件和自然过程的知识——换言之，它既是各个最普遍的命题的陈述，也是假设的真实性的一种审核。

自然科学各不同分支的合并或融合——就是说，简单的命题归属于越来越普遍的命题——只能从下面以自下而上的方向发生。因为在每一个领域内，随着知识的进步，所达到的水平会越来越高，而在这些更高的水平达到之前，根本就没有可能来实现那种必需的综合以获得一幅完整的图象。要哲学来实现这一综合也同

样是不可能的。——自然科学的全部任务仅仅就在于坚持不懈地审查其命题的正确性，结果这些命题就发展成为越来越牢固地确立的假设。这些假设所依据的假定就以这种方式在自然科学本身的领域内同时得到了检验。而且，对于自然科学的基础，不存在别的特定的哲学辩正，——这样一种辩正不仅是不可能的，而且也是多余的——这一点将在下面的讨论中加以阐明。

虽然如此，在完全另一种意义上，自然哲学的任务还是和自然科学的假设有关。自然知识表述为命题；所有的自然律也同样是以命题的形式来表达的。但是认清命题的意义则是检验该命题真实性的先决条件。这两个概念是不可分的，而且二者均发生在自然科学的领域之内。然而，尽管它们是不可分的，我们还是可以在此区别开两种不同的心理姿态：一种是关于检验假设的真实性的，另一种则是关于理解这些假设的意义的。典型的科学方法有助于揭示真实性，而哲学的努力则指向意义的阐明。这样，自然哲学的任务就是解释自然科学命题的意义。因此，自然哲学本身并不是一门科学，它是一种致力于考察自然律的意义的活动。

为了使我们的论点建立得完整起见，我们将不得不来规定自然科学区别于艺术及所谓文化科学的一些特征。但是，我们将仅限于给出下列陈述：所谓自然，我们是指一切实在的东西，即一切在空间和时间上确定的东西。存在或发生于空间之中的任何对象或过程也同样存在或发生于时间之中。反过来就会显得不真了；因为要想确定感情和情绪（它们当然是时间性的）的空间位置那肯定是荒谬的。但是，它们也可以被归属到某些确定的个人（即具有该感情与情绪的个人）身上，从而在这一意义上使它们与空间性的事物相联系。更进一步，既然所有历史的、文化的以及语言的对象都是空间-时间性的，它们都是自然的一部分，因而都是自然

科学的对象。

由此，我们看到自然科学具有普遍的性质和包罗万象的特征，这就使它既不能从属于也不能并列于任何一种艺术或文化科学。而由此还能看到自然科学具有无比的哲学意义：所有过去的哲学进步都是来自科学的知识和科学问题的研究。因此，如果相信艺术和文化科学不管怎样都是等同于自然科学，或者从哲学的观点看来相信二者具有相等的创造力，那真是犯了一个极大的错误——这一错误是在近百年内才首次出现的①。

自然科学在普遍性之外还具有精确性。这就使它在历史上和现实中成为进行哲学研究的最根本的基础。只有通过分析精确的知识才能有希望获得真正的洞察。也只有在这儿才有可能通过概念的阐释而获得确定的最终的结果。非精确科学中含糊的不确定的命题一定得先被转化为精确知识——即它们必须被翻译成精确科学的语言——，然后，它们的意义才能得到充分的解释。而精确知识就是那种可以按照逻辑的原则完全地清楚地表达出来的知识。"数学"只是逻辑上精确的构写方法的一个名称。因此，举例来说，即使是康德也宣称：科学包含多少数学，也就包含多少知识。科学与其他任何领域相比，其知识的材料或实体更是来源于智力活动——这种活动能使我们抵达抽象的最高峰。而一门科学所达到的抽象程度越高，它洞察实在的本质就愈深。

以上这些就是自然哲学所以占有中心地位的理由。

① 这些话——就象石里克自己曾在他的讲课中详细说明的那样——是针对那些与海因里希·里克特(1863—1938)意见相似的观点的。里克特的观点见他的著作：《自然科学概念图象的限度》，弗赖堡 1896。

第二章　图象式世界观及其限度

当我们把对于精确性的追求推迟到研究的后一阶段时，我们可以说，关于自然的知识至少在达到一定的水平之前就是在于试图给自然现象提供一个图象式的模型。这也就是试图去说明，对于既不能完整地加以把握又不能完整地加以感觉的实在，如果能在整体上加以审视的话究竟会显出一种什么样子来。为什么不能够把每一样东西都作为一个整体来考察呢？对于这个问题，最简单的回答就是：因为它们不是太大就是太小了。因此，要想说明自然并获得一幅想象中可以实现的世界图象，第一步就在于要构造(一)宏观宇宙和(二)微观宇宙的模型。

(一)　宏观宇宙

要构造一个这种样子的模型，首先就需要有对宇宙的空间度量。地球是一个直径约为 12,700 公里的近似球体，它在相距 1.5 亿公里处环绕着直径比它大 109 倍的太阳而旋转。最近的恒星之一，半人马座α，距太阳系 4.2 光年。要得到一些关于这类距离的具体观念，我们可以设想一列时速 60 公里的快车，它驶抵太阳约需 280 年，驶抵半人马座α则需要 7,700 万年。或者换一种方式，设想把我们这个宇宙的大小缩小 25,000,000,000 倍，那时太阳就显得象是一个直径 5 厘米的小球。按同样的尺度，太阳到地球(其直径约为半毫米)的距离将是 5 米，太阳到海王星为 150 米，太阳

到半人马座α则为 1,300 公里——近似地等于维也纳到斯德哥尔摩或维也纳到伊斯坦布尔之间的直线距离。

从那种较旧的但现在仍被广泛地接受的解释自然现象的观点来看，这一类通过模型进行的例示应被看作是仅仅为了教学的目的而设计出来的。可是实际上，它同说明自然现象的古老观念有着紧密的联系。真的，构造这一类模型的可能性曾经被看作是自然的可理解性的条件。

宇宙的这种度量的哲学意义是什么呢？

在我们的研究的较后阶段，我们将不得不把度量的哲学看作为理解自然的重要前提；但在目前，我们只把注意力集中到几个基本点上：

所有空间度量的基础在于应用一把刚性的尺，并在这把尺子的基础上量出各部分的长度。在处理更大的或无法接近的长度或距离时必须运用光学仪器及光线。度量的结果则只能通过计算来获得，而这种计算又是以几何学的命题为基础的。因此，在所有空间度量中都包含着某些数学的和物理的假设——这一事实使解释空间度量的最终意义变得极端地困难。例如，如果我们象最初所定义的那样把公里作为代表地球周长四万分之一的长度，那么用公里来度量地球的直径就毫无意义了。因为那时，代表地球直径长度的数字，至多只告诉了我们关于地球形状的某些东西，而完全没有告诉我们关于地球大小的任何东西——因为公里的长度还有待于地球本身来决定。但是，现在的实际情况是，我们确定公尺的长度，不是根据刚建立米制时提出的定义，而是根据巴黎的标准米尺①。

较近的天体距离的度量采用视差法。在行星系内以地球的直

① 关于其他度量单位的陈述见本书第 25 页。

径作基线，对恒星的情况则利用地球的轨道的直径作基线。近得足以显示出可觉察视差的恒星为数很少，但下述关于恒星空间分布的数据仍可被认为是可靠的。恒星的分布不是无规则的，它们构成许多有秩序的群，即那种由数万颗单个恒星组成的所谓各个星团，其中最令人感兴趣的是球状星团。到现在为止已经观察到有八十个这种美丽的球状星团，其中最近的半人马座 ω 离我们约有 20,000 光年，而最远的则十倍于此。——太阳从属于一个巨大的旋涡状的体系或星系，名为银河，其最大直径约为 60,000 光年，最小直径约为 11,000 光年。我们这一星系至少包括有五亿颗恒星，但它仅仅是望远镜中所能看到的所谓旋涡星云的无数类似体系中的一个。这类体系的大多数并不是由星云状物质或者弥漫物质所组成，它们是由几十亿个太阳所组成的。这些体系或星系中最近的一个——仙女座星云——离我们太阳系的距离为 900,000 光年；而迄今为止我们从望远镜中看到的这类星云已有 200 万个。无疑，还有更多得多的星云存在着。

对于不能用视差法来测定的距离，可用夏普勒的造父法来估计。造父星都是变星，它们的亮度呈现周期性的起伏。它们是一些脉动的气态球体(根据普卢默和夏普勒)，其特性很容易由物理定理推知。造父 δ (这一类中其余的星均因它而得名)是一颗非常大的恒星——大约比我们的太阳亮 700 倍，——变光周期为 $5\frac{1}{2}$ 天。从这些变星已知的绝对亮度和它们在天空中的视亮度可以计算出它们的距离——并从而算出它们所在星座的距离。这些星球的视大小为计算最遥远的银河系的距离提供了基础。重要的是要弄清楚在这些距离的度量中究竟包含了多少物理的假设，在解释这样的度量时究竟应该在多大的程度上对这些物理假设予以考虑。

对于宇宙的可见的形状和大小，我们要提出如下的考虑：

自从布鲁诺之后，宇宙在广延上被认为是无限的。但是新的天文学相信它是有限的。如果在一个无限的空间中存在着无限个平均象太阳那样大小的天体，而且这些天体在全部空间内均匀地分布着，那么整个天空就会亮得象日轮一样。但是实际上天空要暗上几百万倍。此外，所有恒星质量之和为无穷的假设与牛顿的万有引力定律是不能相容的。同样，关于有无限个银河系的假设，例如甚至是那种认为宇宙是由无穷多个一个比一个高级的银河系逐级组成的假设，也被否定了。那种认为世界是无限空间中一个有限岛屿的理论同样遇到了某些困难，对此，后面我们还要回过头来加以讨论。另一方面，根据爱因斯坦广义相对论的结论，宇宙空间是有限而无边界的①。这在逻辑上既是完善的，于事实也是符合的。这儿不再有什么形象化模型。我们已到达了一个旧的研究自然的方法所无法逾越的界限。

宇宙的时间性演化

曾经有一个时期太阳系的起源问题在人们的兴趣中占据了突出的位置。拉普拉斯与康德力图把行星系的现有结构看作是原来分布在空间的多少成球状的弥漫星云物质在演化过程中的一个自然的阶段，从而使这一结构可被人们理解。他们的理论是非常著名的。今天我们知道，拉普拉斯提出的这一种发展过程——或者别的同类的发展过程，——也只能以从单星形成聚星而告终（实际上几乎全部可见恒星的三分之一都是双星）。我们还知道，太阳系的起源非常可能是在于两颗星的偶然碰撞，或者，可能性更大的是

① 见石里克：《当代物理学的空间与时间》，第二版，柏林 1919，第 64—73 页。

两颗星的紧密的接近①。由于这种接近的概率极小,所以除极少的恒星之外再多的恒星具有行星系是不可能的。从原则上讲,应该了解和注意到在科学的宇宙学中,现在的较复杂较有秩序的世界状态决不能从较简单较无秩序的情况下产生出来。在任何转化过程中,差异、秩序和多重性的程度总是保持不变的。由于这一观察的结果,世界演化理论的哲学意义被降低到了最低限度②。

今天,由于天文学和原子物理学的共同努力而得到的关于恒星演化的新知识是极为重要的。它的一个结果是宇宙中存在着的有时间性的情况只能和物质联系起来考虑(见«恒星与原子»,爱丁顿著。英国剑桥大学出版社,1927)。甚至奥古斯德·孔德在他那个时代也曾经表示过一种意见,认为人类永远不会得到关于组成恒星的材料或物质的知识。这是一种极端非哲学的说法,其中过高地估计了空间距离作为认识条件的根本作用。这是由于推理的错误而造成的。要是我们对于认识的类模型性质采用本章所述的观点,就不会犯这个错误了。

那种使我们对于物质结构了解得最多的方法——光谱分析法,可以象应用于地球上的对象那样应用于天空中的对象。我们不仅利用物质在白炽态下发射的光的光谱把各种不同的化学物质区别开来,而且我们关于原子内部的所有知识都是由光谱分析而来的。实验室中所作的观察和对星际空间——那里的情况和地球上常见的情况完全不同——所作的观察相互补充。如果有过一段时期,看来似乎在恒星和星云上存在有地球上所未知的物质,那么现

① 由于最近天文学及天体物理学发展的结果,这一观点再次发生疑问,并因此使接下去的那句话已失去它的结论性。

② 这意思是说,世界起源问题并没有清晰的意义。科学的唯一任务是研究事物如何发生、发展或演化,以及如何终止其存在。

在，整个宇宙中的物质均由同样成分构成这一点已是无疑的事实了。这些构成物质的成分即是带正电与负电的粒子及辐射量子(质子、电子、光子)，它们以极多种不同的方式组合起来就产生了所谓化学元素的原子①。

把物理学告诉我们的关于象恒星这类物理结构物的性质的全部知识和实际观察结合起来，我们就得到了这样的结论：恒星正在经历着一种演化过程，在这过程中它们只要有相当稳定的总亮度或发光度，那么当它们的体积由于辐射、质量由于收缩而减小时*，它们的密度和温度就要升高。这样，按照爱丁顿的理论，一个象大陵五这种类型的巨星在五十亿年的时间内就会变成一颗象太阳那样的黄型星，而后者在五千亿年的时间内接着将会变成一颗克鲁格60那种类型的红星。

但是近来对于最遥远的旋涡星云的观察——绝大部分是由加里福尼亚州的威尔逊山天文台作出的——提供了另一类完全不同的时间估计，而且还提供了关于宇宙命运的最最惊人的结论。这些观察指出，旋涡星云正在以极大的速度退离我们，而且根据哈勃定律，这一退离速度同它离我们的距离成正比。例如，当距离为40百万秒差距②时，退离速度近乎每秒25,000公里。这种测量是根据多普勒定律通过观察光谱线的位移而进行的③。

据此，宇宙就不是处于一种平衡的状态。按照爱因斯坦、弗里德曼和勒梅特的方程，宇宙正在飞快地膨胀——快到这种程度，以

① 鉴于目前核物理学的发展，这里列举的基本粒子应被认为是不完全的。但对于石里克的论证来说，列举的不完全并不重要。

* 此处体积和质量似乎前后颠倒了。——译注

② 1秒差距＝3.26光年，1百万秒差距＝一百万个秒差距。

③ 这全部论证从根本上说，取决于把光谱线位移看作多普勒效应这一看法的合理性。

致在13亿年之后,其中所有的距离都要增加一倍。如果允许根据哈勃定律外推的话,大约20亿光年远的旋涡星云就会具有光本身所具有的速度(每秒300,000公里——英译者);而且,在2,000亿年之前,宇宙的全部质量均应聚集在1立方毫米之中。上述第一个结论与相对论相矛盾。要避免它就只能认为这样的外推在物理上是荒谬的——因为有关空间和时间的一切陈述,一旦超越了某种尺度,它们的意义就会立刻改变(一个具有这种结构的星际空间,其膨胀不可能超过二百万光年)。对于上述第二个结论,如果我们假定膨胀只适用于银河星系的整个体系而不能分别地适用于其中的每一个星系——这是一个可以得到弗里德曼-勒梅特方程支持的假定——,那么这第二个结论也就被否定了。如果是这样,那么,在我们的银河系中也许当星体演化过程已经达到很高级的阶段时膨胀才刚刚开始。但是,通过对含铀矿石及陨石的研究,在实验上发现地球及其邻近世界的年龄不会超过20亿年——这样的话,黄星和红星很可能并不代表演化的不同阶段。

虽然膨胀的宇宙可用肥皂泡之类的东西来作图象模拟,但要对这种现象建立形象化模型是不可能的。

(二) 微观宇宙

现代原子理论的内容已为大家如此地熟悉,以致无需再作任何详细的描述。1808年,道尔顿引用古代留基波和德谟克利特所设想的原子概念作为说明某些化学事实的一种科学假设。此后,在物质的分子运动论、特别是在气体分子运动论中,这个概念被成功地用来说明实体的物理性质。按照气体分子运动论,分子和原子为了计算的目的被看作完全是弹性的球体。它们在气体中以每

秒数百米的速度自由运动着，直到它们同容器壁或邻近的分子碰撞而弹回。粒子的平均能量(动能)与温度成正比。因此,热被说明为运动的一种形式。一立方厘米气体含有的原子数，在摄氏零度和一个大气压时为 27×10^{18}; 而一立方厘米水的原子数为 10^{22}。这些数字比之我们从天文学中知道的星体数目要大出很多。物质的分子运动论虽然足以说明一切通常的力学和热学性质，但要说明光和电的现象则必须把原子看成一个电动力学的系统。这一点是通过卢瑟福-玻尔原子模型而实现的。在这模型中，电子——其个数在 1 至 92 的范围内——围绕着处于中心的带正电的包含有质子与电子的核而旋转。这一模型的要点是：电子只能在一定的分离的轨道上运动；只有当电子从较大的轨道跃迁到较小的轨道上时原子才放出射线(光子),跃迁反向进行时原子才吸收射线。就我们的目的来说,重要的是要认识到,这一模型只给了我们一种时空关系的而不是电动力学关系的形象。从法拉第、麦克斯韦的时代到开耳芬勋爵的时代，人们一直在坚持不懈地试图建立电磁过程的图象式模型。这种努力早已被最终放弃了。我们已到达了图象式世界图景的极限。现代量子理论甚至更清楚地使我们深深地感到图象式世界图景的不足,因为这一理论表明,即使在时空关系方面，图象式模型也是一定要失败的。有三点理由可以说明原子的图象式模型必然是不适当的:

1. 最小的元素（例如电子）必须表现为视觉或触觉的粒子。而由于它们的定义,这是不可能的。

2. 这一模型的基本性质是通过其电动力学特性来表示的。而这是既不能看到也无法想象的。

3. 这一模型的时空结构曾似乎能最清晰地代表自然的直接映象，但从现代物理理论的观点看来，这种说法就不再是正确

的了。

为了对图象式(模型式)知识的价值和限度获得一个清晰的概念,我们必须首先试图为说明自然现象寻找一个精确的基础。

第三章　描述与说明

对于自然的认识,第一步在于描述自然,即相当于建立各种事实。而建立事实又在于用词或符号来陈述所描写的事实是如何由要素组成的。每一要素均由习惯上使用的符号(名称)表示。为达到这一目的,某些原始的识别活动就总是必需的,这样才能鉴定每一成分,把它归属到确定的类别中去并给它分配一个相应的符号①。

对于自然的认识,第二步——说明——具有这样的特征:在描述自然时用到的某一个符号(概念)为另一些符号的组合所代替,而那些符号都已在别的场合使用过。就事实而言,知识的进步正是在于发现这一类替代的可能性。因此,如果我们能用"重量比例为1:8的氢和氧的化合物"来代替"水"这个词,那这就是化学上的一个发现;如果我们能用"物体微粒的运动的能量"这种说法来代替"物体的热",那这便是物理上的一种说明;如此等等。这类新的描述的优点在于:借助于这种描述,我们就能预言被如此指明的那些事物的行为方式——因为这一行为因此就能从另一些事物的已知行为中演绎出来,而这另一些事物乃是由说明中使用的各种概念所指称的事物。例如,如果热被说明为是极小粒子的一种运动形式,其结果就使我们能把一切热现象都归因于一群极小粒子的不可见运动的特性,并从而预言前所未知的热现象。很明显,随着

① 石里克在他的《普通认识论》(第二版,柏林1925)中详细表明了他对这一问题的意见。对于该书,他认为有些部分已经过时,曾计划予以彻底的修订。

知识的进步，描述自然所必需的概念数目将逐渐减少，因而，“世界图象”这一术语所表示的那种东西也将越来越统一。世界将变成一个“统一的宇宙”。从古希腊哲学家们试图把宇宙的多样性还原为单一原理的努力中可以明显地看到，即使是这些古代的哲学家，也已经模糊地意识到了知识的最终目标。泰勒斯的水是万物的始基的理论就是植根于这种思想的；而对于阿那克西米尼和赫拉克利特来说，空气和火分别担当了这一角色。

说明意味着在不相似中发现相似——在差别中发现同一。由于说明是把自然现象的不同种类还原为同一个领域，这些不同的种类就被作为特殊事例而包含在同一领域之中。因此，我们可以说，说明就是普遍包摄特殊。这样，举例来说，只要把热和声看作是极小粒子运动的特殊情况，它们便都被说明了。

在科学思想发展的初期，在不同中发现相同被解释为发现常量，即不变量——一种其自身保持同一的东西，它一方面是一切多样性与变化的基础，另一方面却不参与这些多样性与变化。这一常量被称为实体；人们设想它以多种表现形式出现，能经受各种不同的过程而不改变其基本性质。这种原始的实体概念——它在逻辑上的缺陷，稍后将会越来越清楚——即使在当时就已经是不适当的了。因为这一实体怎么会发生分化，怎样经历这些转化，都没有得到说明。要使变化本身成为可理解的，就必须要在变化中发现不变的东西或不变量——为此，就必须要有定律的概念。

“一般性的描述”构成这一程序的初步阶段（例如：“抛出的石块落向地面”）。这些一般性的描述甚至也可称为定律，但它们还没有对所描述的过程构成一个说明。只有在一批该类的定律结合为一个单一的定律而且前者被认作是后者的特例时，才构成这样一个说明。在这种情况下，同一个公式将能描述多个或简直是任

意个过程。迈耶森对同一性在说明自然时所起作用的解释，本质就在于此。只有当这一公式借助于数学上的“函数”概念而被表明之后，说明才是完善的。因为只有借助于这类公式才能获得在全部细节上完整的描述。

伽利略是这一类精确的自然知识的创始人。我们将先来弄清楚被伽利略称为落体定律的这一自然律的根本特点。我们想象一个自由落体，在它行经的许多点上测量了它的速度 v。我们把这些速度除以该物体途中到达对应点所需的时间 t。尽管在落下的过程中分子分母不断地变化，但每一次相除所得的商却总是相同的（称之为 g）。这样，该商即代表变化中的恒定要素，或变量中的不变量。一般而言，表述有关任何一个自然过程的定律，就在于陈述那些用于描述该过程的变动的量或值的一种**特殊组合**（函数），**这种特殊组合在整个过程中保持恒定**。伽利略“说明”了**为什么**落体在一定的时间内落下一定的距离。牛顿又再次说明了伽利略的定律，因为他指出了该定律是引力定律的一个特例。而爱因斯坦又说明了引力定律，因为他把该定律还原为普遍惯性原理。

对自然加以说明意味着用定律来描述自然。定律的功用（定律的意义）是**描述**而不是**规定**。它们讲的是实际发生的东西，而不是应当发生的东西。我们说自然律具有必然性只是意味着它们是普遍有效的，并不是说它们实行约束。国家的法律对该国公民具有强制的形式，但对自然律说什么强制或约束则都是荒谬的。人们之所以会造成这种误解是由于“律”一词的含糊性——而这又是由于半意识地利用了一种心理模型。

这一类的心理模型把自然过程设想成与精神事件的型式相一致，它们构成了对世界所作的神秘说明的基础，也构成了泛灵论的自然观的基础。有一些形而上学的体系，就象叔本华的体系，也要

由它们来负责。对叔本华来说，自然过程是隐藏着的意志的具体表现。柏格森的生命的冲动(élan vital)扮演了类似的角色，并且同样地体现了一种原始的心理模型。这两位哲学家的共同特点是：他们提出了一种与用定律来对自然作科学的说明相对立的哲学的知识。他们声称这种哲学知识更为深刻，它并不在于描述，而是在于同知识所寻求的题材作真正的结合。在他们看来，只有这样才能达到真正的理解。但是这些哲学家们不懂得，用定律进行的描述能获得人们所能求之于知识的一切东西，而心理上的直觉模型只是在表面上推进了对自然的理解——实际上它们比使用机械模型要更为妨碍这一理解。同样，“力”这个词——它的意义我们将在后面分析——之被引入科学，其原因也是在于心理模型①。

① 见本书附录“必然性与力”，自第69页起。并见石里克《论文集》(维也纳1938)中的《生活、认识、形而上学》。

第四章　理论的结构

顾名思义，理论性科学是由理论所组成——也就是说，是由命题系统所组成。当命题由于涉及相同的对象而彼此相关，或甚至当它们能相互演绎时，它们就构成了一个系统。自然律的构写过程基本上总是相同的：首先，把对自然过程的观察结果记入一张表内，这张表始终记载着标志出过程特征的那些变量的有关测量值。其次，找到一个能以单一的公式表示出该表中值的分布的函数。于是，只要没有新的观察和它不相一致，这个公式就被看作是描述该过程的定律了。由于公式所包含的内容总比实际上观察到的为多，也由于公式必须对所有同类的过程都有效，因此，任何定律的构写总包括一个概括的过程，即所谓归纳。不存在逻辑上有效的从特殊到一般的演绎。对于一般，只能加以猜测而决不能从逻辑上进行推论。这样，定律的普遍有效性或真实性，必然永远是假设性的。所有自然律都具有假设的性质，它们的真实性永远不能绝对地肯定。因此，自然科学是由光辉的猜测和精确的测量相结合而组成的。

这儿所设想的测量过程引起了一些问题，在后面我们还必须对这些问题加以讨论。

正如特殊的定律是一系列单一观察的结果，一个普遍的定律是以同样的方式归纳合并不同的个别定律的结果。直到最后，我们得到了相对说来较少的普遍命题，这些普遍命题包括了全体自然律。因此，举例来说，全部化学定律今天在原则上都能还原为物

理定律，而素来只有外在相互关系的物理学各不同领域(力学、声学、光学及热学等)，它们之间的分界线也早已完全消失了。目前，只剩下了力学和电动力学，而这两者也根本不是相互独立的。相反，它们是处处相互渗透的。至于生物学是不是会继续保持为一个特殊的领域，抑或它也将被并入物理学的领域中去，对这个问题我们将在适当的阶段加以讨论①。

为了要得到对自然的(即对自然的真正面貌的)具体描述，仅仅构写出定律来是不够的。可以说，抽象的定律还必须被赋予内容。而且，除了这些抽象的定律之外；还必须陈述可以应用这些公式的实在(在被考察之时)的构象，这种构象被物理学家称为边界条件或初始条件。在数学上它们是通过引入常量的方法来表示的。

这儿，我们撇开所有的应用而来考虑定律的系统本身——也就是说，我们只研究普遍的而不研究特殊的命题。这样我们可以从该系统中选出一组最普遍的命题，所有其他的命题均可由这组命题导出。这种推导是一种纯逻辑的演绎，它可以在不知道定律中所用符号意义的情况下进行。因此，我们将不仅不考虑所有对个别情况的应用，也不去考虑所有词及符号的意义——直到该系统被还原为一个纯粹形式的结构或空骨架，其中没有实际的命题而只有命题的形式（在逻辑学中这些命题的形式被称为命题函数）。这种系统被称为假设-演绎系统(皮埃里)——它不代表实际上的自然而只代表自然中的所有可能性，或者说，代表自然的最一般的形式。在该系统顶点形成的一组命题就称为公理；而究竟选择哪些命题作为公理则在一定程度上是任意的。我们可以把任何命题

① 这段话证明编者把关于生物学的一章加到手稿中去是正当的。这一章虽然原来没有被包括在手稿之内，但却是在更早时期的讲课笔记和手抄本中发现的。

视为公理，只要满足一个条件，即系统中所有其他命题均可由所选择的这组公理推导出来。因此，能成为公理这一点在任何意义上都不是某个定律的自然而然的、固有的属性或特征。某些命题之所以被选择为公理，其唯一的理由只是因为方便。对于从这些公理推导出来的命题，进一步通过定义引入一些原来公理中没有使用过的符号。定义就是为了简便起见而引进一些新的符号或记号，定义就是这样组成的。至于这些记号中哪些应当被认为是基本符号，哪些应当被认为是根据定义而由基本符号导出，则同样是任意的。

例：

$$E = \frac{1}{2}mv^2 \qquad M = mv$$

能量的定义　　　　动量的定义

但是我们也可以用$\frac{能量}{动量}$代替质量与速度，于是有：

$$v = \frac{2E}{M}$$

因此，究竟哪些量出现在公理中是无关紧要的。

这样，理论的结构包括(1)公理，(2)导出的命题，(3)定义。在自然科学的符号表述中，无论是用词还是用数学符号，这三个结构要素在外表上彼此是不能区别的。

理论的符号表述由一些句子组成，而句子又是由一定系列的口头记号或书写记号所构成。理论本身则主要由各种“命题”组成。至于一个句子是代表着一个真实的命题还是只代表了例如一种定义，这个问题得取决于说明这一句子并赋予它以意义的解释。这些解释并不构成符号表述的一部分，它们可以说是外加的——亦即外加给假设-演绎系统的——，例如，是以直指定义的形式从

外部加上去的。它们构成句子应用的规则，并且对于句子的哲学解释具有决定性的意义。归根到底，还是一定要牵涉到被这一记号或符号系统所描述的实在，因为迟早我们总有一天必须从这一系统中挣脱出来[1]。只有那些由于它们的解释而表述了名副其实的命题的句子，才能传送出关于自然的一些消息来。其余的都不过是记号的内部规则，因而只不过是些定义而已。后面我们还要讨论真正的自然律与仅仅起着定义作用的句子之间所发生的混淆[2]。

① 虽然这句话没有包括在手稿中，但石里克于1936年讲课时曾在口头讲过。

② 见后面第41页起关于"约定论"的研究；并见石里克的论文《自然律是约定的吗？》，载《论文集》，维也纳1938；并转载于《定律、因果性和概率》，维也纳1948。

第五章　理论与图象式模型

过去，理论与实在之间的联系总是被想象为：出现于自然律中的那些符号似乎就代表简单的量或值，它们或者是可以被直接感知的，或者至少是可以被认为与这类量或值具有相同的性质(例如1/100毫米的长度)。因此，在牛顿力学中，由空间中的线、时间和质量所代表的三个基本概念，是三个其意义好象是直接从感觉印象中得来的名词。这三者都结合于运动的概念之中，运动就等同于质量的空间位置之时间性的变化。运动是这样一种过程，在这过程中，知识的基本要求看来好象是以图象化的方式——即对于在变化中恒定的要素的知觉——来满足的。那个运动着的东西——质量——充当了实体这一角色并在感官知觉中保持不变。可是，有一些东西确实发生了变化——那就是位置。这整个过程看来是完全清楚而且在视觉上可以想象的，而这就是机械说明受到偏爱以及早期物理学家们希望把他们的科学还原为力学的唯一理由。也因此，“机械论”一词的意义被特别扩大了。

在自然的机械说明中，必须假定不可见运动的存在，以使所观察到的过程能还原为这类不可见运动。这种做法在声学和热的分子运动论上都是很成功的。但为了说明电磁现象及辐射，则必须引入所谓空间以太的假设。起初，人们认为这空间以太和日常知觉所及的物质具有相同的性质。于是，以太曾交替地被设想成是气体、液体或固体。但是，之后发现，这样做将不得不把某些自相矛盾的性质赋予以太；因此，这一以模型为基础的、类型十分粗糙

的知识就被归之于谬误了。实际上，认为以太一定要具有和可以秤量的实物相同的特性，而实物的性质又需借助于以太才呈现为可理解的，这乃是一个其正当性未经表证的假定(彭加莱)。对于那些被假定为是发生于非感觉所及的微观宇宙中的过程，只需要满足下述条件也就够了，那就是由于它们的相互作用，它们引起那些在可感知的领域内实际上可以观察到的过程。我们把支配这些不可见过程的定律称为小尺度定律或微观定律，把支配可感知过程的定律称为大尺度定律或宏观定律。这种差别在任何理论中一定都会遇到，因为在一切理论中，所观察到的各种事物的行为都被归因于小尺度定律，而自然科学最普遍的假设也都涉及到它。

微观定律与宏观定律二者等同的机会几乎是不可能有的。对于二者可能等同的假定，不存在先天的正当性表证，而这个假定对于以模型为基础的最原始类型的知识则是必不可少的。

德谟克利特、博斯科维奇和赫兹的原子理论和涡环原子论都是以模型为基础的知识的例子(见石里克«自然哲学»，载德索尔编«哲学读本»)①。

彭加莱曾证明，对于任何已发现的机械模型，总还存在能达到同样效果的另一些机械模型。一般说来下列说法总是正确的：微观过程永远不可能毫不含糊地从所观察的大尺度过程中演绎出来——总是存在着极大数量的各种可能性。在科学发展的较高阶段，就象在本世纪前四分之一时期的物理学那样，原则上已经放弃了那种认为微观过程和大尺度过程相类似的主张。但是，只要人们保持下述假定，即使仅仅是部分地保持这一假定，即微观过程要通过感性术语来理解，那么，模型的方法就还没有完全被抛弃。因此，例如在玻尔的原子模型中还是假定：谈论时空量值任意放大或

① 见附录“原子的概念”，第 73 页起。

缩小之后的任意物理事件，还是有一定意义的。仅仅只是在物理学发展的最近阶段中，那种把直接测量范围内常见的时空条件推广到不可见的细微领域中去的方法，才被认为是不能允许的。相应地，用形象化的方式来设想微观过程以及用模型来作表述的方法就都被放弃了。

第六章　论空间测定的意义

到此为止，我们一直把模型看作是一个图象式的可想象的结构物。"图象式地"想象，意味着在想象中描绘出那些知觉——这些知觉是人们直接观察或把握该结构物时会得到的。为了使这成为可能，该结构物就既不能太大也不能太小；而且无论在什么情况下它都得是一个空间的结构。因此，为了评价通过模型而得到的知识，就必须懂得空间的性质。此外，由于我们已把自然定义为存在于空间之中的东西，因此，对空间概念的分析无论如何都一定会在自然哲学中占有中心的地位。

我们必须首先把客观的物理的空间和知觉的空间区别开来。我们有多少种感官知觉类型，我们就有多少种知觉空间，而感官知觉中最重要的就是视觉和触觉。视觉和触觉二者在质的方面完全不同，相互无从比较。但虽然如此，它们却都具有某些相同的形式上及数量上的次序特征。正是这些特征使我们能以某种方式来定义物理空间，该方式以后将要详细描述。

虽然个人的视觉和触觉是主观的（这就是说，关于它们的命题依赖于观察者），但它们仍呈现出一种次序，这种次序可以称之为是"客观的"，因为它是由一些不依赖于观察者感官知觉模态的命题来描述的，而且这些命题还能够被任意数量的观察者所证实①。物理空间由这类命题系统所描述。因此，物理空间本身是不可图

① 这些命题——按照石里克在其他场合所使用的术语——"是在相互感觉上及相互个人间可以证实的"。

象式地设想的，——能够想象的仅仅只是某些有次序的知觉序列，它们的次序确切地代表了所设想的结构物的物理空间性质。我们对这个问题所抱的态度，不是去查究空间的“本质”或“内在性质”(值得注意的是，空间一词并不出现在日常用语中)，而是要问：当我们构写关于自然对象或自然过程的某些空间性质的命题时，这样做究竟意味着什么？

为了描述空间情况，我们首先需要点的概念。点概念的知觉基础在于视觉场和触觉场中呈现出有某些特殊位置(奇点)。我们习惯于用没有广延这种说法来描述它们，换句话说，它们没有任何部分是可以被感知的。

这些奇点的特征是，它们可因感官的些微移动而发生相当大的改变(例如，可以使它们消失)。这就是我们把零维归之于点的原因。另一方面，线则有一个方向，因之其感觉印象在微小的位移下仍保持不变(线是一维的)。那么，当我们把某一确定的长度赋予一条线(即赋予两端点之间的距离)时，我们的意思是什么呢？我们决不能说这就是在陈述该两点之间虚空的空间的总量——亦即“无”的总量(可比较笛卡儿的一些论点)。要确定关于长度规定的意义，唯一的方法就是考察这种规定是如何制定的。一般说来，要弄清一个命题的意义，除了考察它的真实性是如何确立起来之外，再没有其他方法了。对于自然科学所能应用的唯一有效的方法是观察与实验，也就是某些确定的操作。这一点对于长度的度量也是对的。比较两条线的长度在原则上是这样进行的：在一个作比较用的标准体上选定两点(分规的针尖或量尺的刻度)，使它们与一条线的两个端点重合；然后把它们移到第二条线上，将此过程重复地进行。这样，问题就在于要确立点与点之间的重合关系或非重合关系。这类重合关系的感觉基础在于知觉场中的特殊的

奇点，而那些奇点在我们前面讲过的意义上是具有客观的性质的。

极端重要的是要注意到用这一方法不能在真正的重合与十分紧密的接近二者之间确定出完全严格的差别——而在数学中却给出了这两个概念之间的根本性的拓扑差别(本质的区别)。

在应用上述度量方法时，我们假定量尺在移动过程中其长度不变，并假定因此我们就能确定在不同位置上保持恒定的一个长度。但这一假定只有通过应用另一把新的尺子把全部程序从头再来一遍才能加以证明。这一种比较于是把我们引向无穷的反复，或逻辑上的恶性循环；要克服它唯一的办法就是要认识到两条线的相等根本不是绝对的，——它不是这个世界上的某种被给与的东西，某种完备的东西——这一概念只不过是通过定义性的规定来制定的。

这一规定只能从实践的观点作出而不能在逻辑的基础上作出。它牵涉到“刚体”的概念。如果一个物体上所标的两点和第二个物体上所标的两点重合，而这些重合在所有点上和所有时间内都保持不变，如果这个物体具有这样一种特性时，那么我们说，这一个物体相对于另一个物体是刚性的。经验表明，有一整类的物体具有这样的特性：其中每一个相对于这一类中其他各个都是刚性的。我们把所有这类物体称为是“实际上刚性的”。更严密的考查向我们表明，按照定义，没有一个物体是完全刚性的。而这就妨碍我们在比较长度时无保留地使用任何现实的物体当作标准的量尺；而且因此还促使我们在谈到标准量具时要附上一些条件(修正)，例如，我们说：“如果该标准量具处于某种温度下，则必须从它的长度中减去几分之几。”或者说“如果该标准量具受到这种或那种力的作用，则必须把它的长度增加这样那样的一个比例。”通过这类规定，于是可以说，这个现实的尺子就变得相当于一把被认为

是完全刚性的理想的尺子了。

如果一个概念是参照了一个实际存在的构架或物体(就象地球的子午线,巴黎的标准米尺等等)而定义的，那么我们就称之为具体定义。但如果一个概念起源于自然律或普遍的统一性，那么我们就称之为约定(彭加莱)(狭义的约定，因为按照广义的"一致同意",任何定义都是约定)。

由于我们假定自然律是不变的(这一假定的意义暂时不予深究),因此,与具体定义相比,约定有这样一个优点：由它所定义的概念能够在任何时候重新构造出来(比较光的波长)①。

到此为止，我们还只谈到了长度上的相等概念和较大及较小概念。但是，为了要完成长度的度量——或用确定的数字表征确定的片段的(无歧义的)特性——，进一步的操作则是必须的。为此，我们需要一把刻有许多刻度的刚性的尺。这些刻度都用数字标出,但对这些刻度的安排和标定从原则上来说都可以是任意的。然后,把这把尺放在待量的线上，其放法是:线的起点与尺上某定点重合。此时,线的终点又与尺上的另一点重合,对该点所标定的数字即被称为线的长度。我们把尺上第一个定点指定为0。把尺上的分度按如下的要求校准:对应于各个等差数字之间的间隔,彼此相等(按前述的定义);也就是说，使数字0与1,1与2,2与3,……,之间的间隔大小相等。在这种情况下,距离的相加只需要有一个十分简单的和数或有一个加法定理就行了。如果我们把"两线之和"理解为把两条线接在一起后所得的线的长度,那么这一长度就简单地等于两线的度量单位数，即标量数的算术和。最后,剩下长度等于1的线要由具体定义(联系到地球的大小)或约定(借助于某些种类的光的波长)来决定。因此，为要决定长度,必须满

① 由于镉光谱红线易于重复产生，它的波长可被选作长度单位。

足如下五项条件。即一定要讲明白:

(1) 两条线在什么时候才被认为是相等的;

(2) 较大、较小应被理解为什么;

(3) 数字 0 应放置在什么地方;

(4) 数字 1 应放置在什么地方;

(5) 剩下的数字次序应如何排列。

这些条件中前两条一般称为拓扑学条件，后三条称为度量条件①。

在度量中采用光学装置原则上并没有增加什么新东西。它们仅仅与视场中奇点的观察有关，而且还必须作出关于光线行为的假定(直线传播)。虽然如此，值得注意的是光学方法能如此方便地应用而不需要改变任何刚性尺度量所依据的约定。最重要的结果是所有空间情况度量的测定都取决于比较，从而都是相对的。所有的测量操作都是由刚体之间的比较所组成，并通过观察重合关系而完成。所有空间性的命题仅仅只涉及物体的行为——从不涉及"空间"。和彭加莱相一致，我们坚信所有空间命题的相对性。其理由是：如果我们假定一夜之间世界上一切物体的大小都以同样的比例发生了变化，那时世界也并不会产生可感知的差别。这是因为，按照上述假定，所有供比较用的尺——包括我们自己的身体及其感觉器官——都将同样地发生变化，用任何一种度量——甚至包括眼睛的精度——都绝无可能来确认所假定的变化。只要重合关系得到保持，世界可以承受任意次的可想象的变形，而结果什么也不会改变。

亥姆霍兹早就认识到这一事实。他曾指出，如果有一种生物，

① 见卡尔纳普的小册子《物理学的概念图象》，刊于《知与行》丛书，卡尔斯鲁厄 1926。

其所生活的世界就象是我们这个世界在哈哈镜里照出来的那种样子，只要它们不能从它们的世界走到我们这世界里来并从而把两个世界作一比较，它们就永远也没有任何办法能觉察到这种畸变[1]。要说到世界的变形，只有当存在一个不参与该变形的某物，并可通过该物而确认这种变化——显然是根据对重合关系的观察来确认，只有在这种情况下说到世界的变形才有意义。一种保持一切重合关系的畸变(其中既没有新的重合关系产生，也没有任何重合关系消失)并不代表着世界的一种变化，它仅仅代表着引入一种新的说法——新的术语系统——，例如，就象是用任何一种类型的高斯坐标取代笛卡尔参考系。在一切重合关系都保持的地方，畸变的唯一意义就只是假定刚体的长度发生了变化，因而也就是假定量尺的长度发生了变化。但这一点会与我们的长度定义发生矛盾。根据定义，长度唯一取决于重合关系。

我们至此还只能在物理意义上来谈到点、线及空间形状(这意味着，例如直线，代表一个在物理上明确的对象)。一条线，我们指的是物体(边缘)上一系列连续的物质点。某种任意的理想参考系的引入，只有当我们给自己设想出一些在物理上可以识别的线系(表面把)，并且同意把这些线系用作为坐标时，才是可行的。借助于一种任意的参考系——或者，用习惯的说法——借助于任意的几何，我就能描述自然。

如果有可能以这样一种方式来构写自然律：使这些自然律无例外地仅仅包含只涉及重合关系的命题，而这些重合关系对于无论何种参考系均为真；如果这种构写是可能的，那么这些自然律将只包含最少的任意描述方法，从而可以说，将以可能有的最忠实的方式来重现自然。

[1] 见石里克《当代物理学的空间与时间》，柏林 1917(第四版，1922)。

当牛顿宣称几何学是“普通力学中建立和决定度量技艺的那一部分”时，他已觉察到几何学是物理学的一部分了。而当爱因斯坦宣称几何学是“刚体所有可能的排列或编组的理论”时，他也表达了相同的见解（爱因斯坦：《几何学和经验》，柏林 1921）。我们必须区别开两种几何学：一种是刚体间位置关系的理论，一种是“纯粹的”或“数学的”几何学，后者可以在我们已经说明过的意义上被描述为一个假设-演绎系统。欧几里得的数学几何是以下述的方式创立的：经验表明，根据对某些位置和量值的观察，再加上某些普遍的假定，就能预言某些另外的（新的！）观察；还表明，这一套程序使实际测量过程变得没有必要。人们发现，为了计算例如一个立方体的体积，只需要量出其一条边；量出三角形的两个角就得到了第三角。在这些例子中，预料的结果得到确证，就肯定了普遍假定的正确性。现在假如这些普遍的假定连同可以由之而导出的全部命题，只就它们相互之间的关系来考虑，同时又完全不问在它们中出现的词或符号的意义，那么我们就得到一种“纯粹的”几何学，或一种纯粹形式的公理与定理系统。它缺乏内容，从而不是真正的命题而是所谓的命题函数。一旦掌握了这种观念，数学家就能想出任何数目的这类系统，并研究它们内部的关系。而自然研究者就能检验它们的适用性——也就是说，他能弄明白是否存在任何种类的自然对象，这种对象能被用来填补公理所具有的空虚的命题形式，从而得到真实的命题。如果找到了，那么从这些公理演绎出来的定理显然也是真实的了。

彭加莱认为：我们应当总是在各种可能的几何定理中去追求那种最简单的，从而宁可要欧几里得几何。但是，事实上更重要或更方便的是要这样地来选择约定，即当这些约定应用于自然时——也就是说，从纯粹几何转变为物理几何时——结果会形成最

简单的可能的物理系统(如果彭加莱能活着经历到物理学最近的发展，那他就会欢迎非欧几何在描述自然中的应用了)。

从纯粹几何到物理几何的转变对应于从语言**理论**到语言**应用**的转变。纯粹几何就是物理几何的语法。

在描述自然时，人们可以把例如“直线”这一术语用于这样一些结构物，这些结构物遵守支配欧几里得直线的那些公理。在这种情况下，三个这样的结构物所形成的三角形其三内角之和根据定义就等于 180°。但从 1919 年以来，我们就知道对于天文学上光线的情况，这一条件不是始终得到满足。虽然如此，我们还是能够规定把“直线”理解作象光线、绷紧的弦等等之类的结构物。我们还知道，对于天文学上光线的情况，这一条件也不是始终充分的。虽然如此，我们还是可以说，所谓“直线”指的就是光线、绷紧的弦之类的结构物。而这就意味着我们宁可借助于非欧几何来描述自然。两种可能性都是存在的；有些哲学家主张只有前一种才对应于直线的“真实的性质”，这种意见是没有意义的。无论何种情况，我们一定得通过定义规定我们认为是“直线”的东西。而这种规定，或曰决定，在原则上是完全任意的。

至于那种宜称几何学的基本概念——象直线概念——是不可定义的，它们的内容和普遍性都独立于物理经验而由“纯粹知觉”所给出，这种先天观点是经不住批判的审查的。恰恰相反，这些基本概念在其原始形式下所指的只不过是一些特殊种类的物理结构物。

第七章　四维世界

上面我们得到了这样的结论：说所有对象都参与的空间变形是毫无意义的。针对这种论点，可以提出反驳说：虽然这种变形不一定会造成量值上可感知的变化，但却有可能造成物理行为的变化，只要这种变化不被那些有关变形前后自然常量值的特殊假定所排斥。可是只要追究一下这些常量是如何发现的，我们就看到这是由建立各种重合之间联系而实现的——这种联系牵涉到重合的同时发生。（例如，当温度计的水银柱升到标尺上某一定刻度的同时，电流计的指针也必须指向某一确定的读数。）因此，我们只需要再加上这样一条：各相邻重合之间的同时关系不受变形的影响。这样增加之后我们就能够十分肯定地说，观察不能产生另外的常量或自然律，而且所假定的变化并不是实际的变化，只是改变了一种说法而已。因此，其结论是自然的描述只是一个时空性的重合关系问题。这一命题的意义和范围，可以用一种在三度空间坐标之外引入时间作为第四坐标的图示法——闵可夫斯基的方法，最清楚地表示出来。

这样描述出来的世界是一个由世界线（World-lines）所贯串的四维连续域，其中每条线都是某个点（质点或能包）的运动的象。由于世界线代表运动，四维模型的一个变形就意味着各个运动状态的变化，例如，一个粒子从静止或匀速直线运动状态变为某种曲线的不规则运动状态。现在，正象我们已经看到的那样，由于变形根本不表示一种真正的变化，而仅仅只是表示了一种说法的改变，

那么其结果就是，无论我们说一个粒子处于静止位置还是说它在作某种运动，也都只不过是说法不同而已。实际上，粒子的运动类型完全取决于参考系的选择。

用世界线所作的描述只限于那些能满足"原始同一性"① 条件的对象，或者说，只限于那些可以有实义地说在有限的时间内一直保持"同一"的对象。在这个模型里，重合关系由世界线的截点或切线来表示。一个这种型式的模型可以经受完全任意的畸变，而且只要世界线的拓扑关系没有弄乱，它可以同样适当地代表实在。

世界线描述粒子的运动；但决不能误认为世界线就是粒子的径迹。例如，我们不能说一个点通过它的世界线，也不能说代表实际现实瞬时状态的三维截面在四维世界中沿着时间轴漫游。因为这样的一种漫游一定发生在时间中，而时间已经被表示在模型之中，不能再从外面引入。因此，下述论据——即对世界的四维描述证明了时间的非实在性，而且还把世界描绘成僵化的静止的存在——就都是荒谬的了。另一方面，对比于附加时间说明的三维表示法，有很多理由把四维世界看作是绝对的，因为前者含有较多的任意性，从而与描述方法有关。三维表示法与四维描述相比就象是物体的透视像与塑造的复制品之间的比较。相对论（它更有理由被称为绝对论）的研究方法不允许观察者有任何程度的主观性或任意性。相反，相对论比以前的任何描述方法都表现出更多的客观性。

我们把"运动"一词的运动学意义和动力学意义区别开来。按前一种解释，运动定义为位置在时间中的变化，而由于关于位置的数据只能相对于某个参考架给出，因此，根据定义，运动就是相对

① "原始同一性"概念是由库特·莱温在他的《物理学、生物学和进化史之起源的概念——科学原理之比较研究》(柏林，施普林格 1922 年版)一书中引入的。

的。另一方面，按动力学的解释，运动是根据该运动出现于自然律中的方式来定义的。在此意义上，很有可能的是，与某一确定物体（诺伊曼的α物体）的重合关系在所有运动定律中都发生着作用。在这种情况下，这些物体将不得不被描述为"处于静止状态"，而与之有关的运动则被描述为"绝对的"运动，因为它们将能根据自然律而被区分开来。这样，当广义相对论主张说，一切运动即使是在动力学的意义上说来也都是相对的，那么这并不是一种同语反复的、分析的命题，而是对于下列事实的一个陈述：对任一任意运动，没有哪个参考架占有优先的地位。

另一方面，在牛顿的物理学中，虽然并没有选择单个的构架或物体，但却选了其中某一群，即所有相对于恒星处在静止位置的或处于匀速直线运动状态的东西。我们把后一群参考系称作伽利略系或惯性系；相对于这群参考系，伽利略形式的惯性原理同牛顿物理学的所有其他定律一样均为真。之后，"空间以太"变成了唯一优先的参考架。但当人们发现一切伽利略参考系对所有力学过程和所有电磁过程（光的传播）同样有效时（爱因斯坦的狭义相对论，1905），"空间以太"又失去了其特殊地位。由于不可能谈什么与以太粒子的重合关系，并从而谈不到以太的"原始同一性"，于是就说明，实体概念不能应用于真空——这是一个具有巨大哲学重要性的结论。

在牛顿体系及1905年的"狭义相对论"中，加速运动与曲线运动都具有绝对的性质。只是1915年的"广义相对论"才取消了这一绝对的性质并随同取消了特殊物体群的优先地位，这样就为更满意地满足因果性的要求开辟了道路。无论是牛顿体系还是狭义相对论都没有为惯性系的特殊区别给出任何理由。

为做到这一点，爱因斯坦不得不试图这样来构写惯性定律：不

参照于特殊的物体群(惯性系)，而只参照于现存的物体的实际位形。这样做之所以可能，乃是在于下列这一为当时物理学所忽视的极端惊人的事实,这一事实是，某一物体惯性的度量(它的惯性质量)恰好等于这样一个量,该量被用于量度唯一地依赖于物体位形的那种效应(即所谓引力效应)。借助于这一事实，爱因斯坦成功地发现了一条把引力现象与惯性现象都包括进去的定律(并表明这二者根本上是同一样东西)。其结果,不但取消了一切特殊的参考架,废除了限定的参考系,而且实现了世界图象的极大简化。

广义相对论的基础

新的运动定律是一种微分定律——换句话说，它把粒子的运动表示为不依赖于世界的位形而唯一地依赖于在该粒子直接邻域内存在的可测量的关系，而这一可测量关系则只是间接地受世界位形的制约。这样，这种运动定律表达了粒子的运动和时间与长度的测量结果之间的关系，而这些测量被假定为是在粒子直接邻域内进行的。而且这些测量通常被指称为关于该处的“空间曲率”或“邻域引力势”的命题。

这种对于实际的测量方法的参照是理解我们前面所勾画的世界图象的意义的唯一途径，对于这点无论怎么强调也不会过分。

为建立重合关系，假定了质点至少在一个很短的时间间隔内的原始同一性；而且在真正的重合与紧密接近之间不可能作出严格的区别。此外，全部对重合关系的经验都被一个连续的知觉场所统一。因此,经验的世界被赋予了一种十分特殊的结构,这一结构也许可以用这样的话来构写：对于紧密接近的概念赋予了某种特殊的物理意义,或者换句话说,长度的某个确定的数量级实际上

具有了一种特殊性，在该特许的范围之内，根本不可能谈到什么任意的变形。借助四维格式描述实在，是从心理空间(视觉空间、触觉空间等等)中构造出物理空间来的结果。但是，那些心理空间却根本不是相对的。在这些空间的小区域内，长度与运动都可以在绝对的意义上来论述，并不类似于以重合关系为基础的情况。在这些小区域内，欧几里得几何的应用就不仅是一种任意的约定了。虽然如此，对于更大或更小的量值，亦即对于天文的或原子的尺度，究竟应该构造什么样的几何学，这个问题就不再能由心理学而必须纯粹由物理学来决定了。

第八章　约定论批判

惯性律陈述：一个不受干扰的物体在相等时间内经过相等的距离。

要确定“相等的时间”是什么意思，单靠纯粹心理上的时间计算是不够的，因为经验告诉我们这种计算并不能导致精确的或客观的命题。因此，在科学上，借助于运动的概念——尤其是周期运动的概念——把时间的度量还原为空间的度量。于是，我们的时间单位，首先就是借助于具体定义，即地球自转周期，来确定的。这一定义并不完全使人满意，因为它妨碍我们讲到地球自转的变慢。天文学家会认为地球自转变慢这一事实就证明他们是从另一种时间单位的定义出发的，即从这样一个约定出发：时间单位的选择必须使自然律的构写尽可能地简化。

当自然律被以这种方式应用于基本概念的定义时，那就显得好象自然律本身只不过是一种定义或一种任意的约定了，而定义或约定并不告诉我们关于实在的任何东西。这种把一切自然律仅仅看成是同义反复的约定的观点称为“约定论”。我们将以惯性律为例来清楚地表明这一观念的错误。虽然“相等的时间”被定义为一个不受干扰的物体经过相等距离的那些时间间隔，但“每一个不受干扰的物体在相等的时间内经过相等的距离”这句话并不是一个同义反复。它包含了一个能在经验上给以证明的陈述，即一切物体当不受干扰时其运动均表现出一种确定的量的规则性（对每两个这种物体而言，它们在两时间点之间即两时刻间所移过

的距离之比是个常数)。为了确立这一定律的真实性,需要的是两个重合的同时性概念,而不需要时间相等性的概念。因此,后者可以以下述方式来建立:使所描述的规则性得到一种特别简单的表述。而上述约定恰恰就在于做到了这一点。

如果分析一下"不受干扰的物体"这一概念,就可看到似乎还存在着另一种支持约定论解释的可能性。一个这样的物体必须被看作是一个不受任何力作用的物体。但是,如何才能认清不存在力这一事实呢?人们争辩说,只要通过物体的运动是直线的与匀速的这一事实就可以认识到。

但是,如果这个不受干扰物体的定义被包括在惯性律的构写之中,后者就真的变成同义反复了。上述推理的错误来源于一个其自身倒很正确的观念,即认为物理量或值可以由该量所从属的那种度量型式来定义。由于力须由加速度来度量,即用直线匀速运动的变化程度来度量,因而使人们相信,发现偏离这种运动类型就等于断言"力"的存在。可是这种观点是个错误的观点,因为它忽略了下列经验事实,即这种运动的变化只有当在实验物体附近或紧邻存在其他物体时才会发生。因此,我们必须把不受干扰的物体定义为充分远离一切其他物体的物体。这样,惯性律就成为关于自然过程的一个意义重大的命题。为了完全地说明上述错误,理解力的概念的意义是必要的。

在试图获得这一理解之前,我们先来简短地提一提那种想用因果原理来说明惯性律的愚蠢尝试。显然,我们不能下结论说,只要不存在改变速度的原因,速度就必然保持恒定。因为如果那样的话,我们就同样有理由得到如下结论:加速度或位置必然是恒定的(后者颇与古代的推理相符)。可是任何导致矛盾的论证都是谬误的。

力的概念很明显是起源于使劲的经验，使劲对于使一个物体发生运动是必需的，它的强度取决于该物体的性质。在构写一个运动定律以说明这样的经验时，物理学试图用一个唯一地取决于有关物体的总的位形的量来描述该运动；并且发现了这个量就是下列两个因子的乘积，即试验物体的加速度及称为惯性质量的一个刻划该物体特征的常量。这样，方程 $F = m \cdot a$*就不仅是一个定义，它的意义表述在下列命题中："量 $m \cdot a$ 是位置的函数，它唯一地取决于所参与的物体的构象 (the constellation of the participating bodies)。当各物相距极远时，量 $m \cdot a$ 就变为零"(最后这一句话表达了惯性律)。

我们取能量原理作为我们讨论约定论的第二个例子。一个系统相对于某一初始状态 (I) 的能量(E)，除了用该系统由状态(I)转变到状态(II)时所做的功(W)及所放出的热 (H) 二者之总量来度量以外，没有任何其他方法可以加以度量。方程 $E = W + H$ 似乎显得只不过是量 E 的一个定义。但事实完全不是如此。相反，上述方程表达了这样一个经验事实：给出的功与热二者之和唯一地依赖于条件 I 与 II，而与转变的方式无关。这一事实说明了永动机的不可能性。而这就是我们用能量这一专门名称来区别出上述那个和的唯一原因。

上面所举的这些例子表明，约定论者犯错误的心理原因是在于他们不了解物理学公式本身并不表示自然律，只有当这些公式与对公式中出现的量的意义所作出的解释结合起来时它们才能表达自然律。的确，在约定的帮助下，人们能够以一种纯粹形式的方式宣称某个句子为真——只要要求例如空间关系必须以欧几里得方式来描述或物质必须被看成由球状原子所组成。但如果去假定

* 原文为 $C = m \cdot a$。——译注

这类句子代表自然律那就错了。

正好相反，真实的定律，关于自然的真正的命题，只有在下述情况下才会出现：即只有同时陈述必须首先增加哪些附加句子或辅助假设方能使该命题符合于观察到的事实。这一点可简略地表述如下：我们可以同样好地使约定C_1或约定C_2，等等，成为描述自然的基本原理；可是它们中没有一个讲到关于世界的任何东西。关于自然的一个真句子只能由下述命题给出：“假定C_1，人们还必须加上句子S_1……，以便与经验保持一致。”或者只能由这样的命题给出：“假定C_2，人们还必须加上句子S_2……。”这儿存在着“句子”与“命题”的混淆。句子只有附加上定义(关于句子语法的陈述)才能变为命题。句子S_1加上约定C_1可能与句子S_2加上约定C_2代表着**同样的**命题。单是句子或单是公式，就象一切符号一样，都是约定性的；但它们都不是自然律。自然律仅仅被包含在命题中，命题的意义由语句加约定给出；它们在任何意义上都不再是任意的了。

第九章　狭义相对论的基本思想

空间性和时间性量值的概念还没有被包括在重合概念之中，它们仅仅是从重合概念中构造出来的。因此之故，就象我们已看到的那样，对于空间性量值及对于时间相等性都需要新的定义。那时所假定的不同点上的同时概念则仅仅是从一个点上的同时概念引伸出来的。

对后者将不作更进一步的说明，它是某一类经验的一个名称。对于遥远事件的时间次序只能借助于信号来决定。爱因斯坦意识到这种决定所依据的原理相当于同时性的定义。下列两种经验材料导致了相对的同时概念：第一，不存在信号的无限大速度；第二，狭义相对性原理是真实的。当然，相对的同时概念是绝对无矛盾的。如果根据具体定义，任意选定某一物体作为参考架，并断言一切参照该物体的测量乃是"正确的"测量，那么就有可能保留一个绝对的同时概念。但是，(1)这种做法将是完全任意的，它不可能重演；(2)它将不得不引进新的假设(例如，不得不引入洛伦兹收缩的假设）以说明该参考系为什么不具有可在实验上加以鉴别的特征。

另一方面，相对同时性的引入则远为简单，而且还符合下述原则，即自然律的构述中只包含可观察量。这样，就有可能在自然中认出一种绝对的次序并从中鉴别出那些依赖于描述(测量)方法的东西。类空差别和类时差别的某种重合次序是绝对的。另一方面，这一次序怎样再细分为空间间隔和时间间隔则取决于参考系，

亦即取决于描述的方法。

由于不可能找到一个优先的参考系，我们也就同样不能把“以太”当作一个参考系，或赋予它某一运动状态。因此以太就丧失了实体的特性。世界不是由实体、而是由有次序的事件体系组成的。在四维表示中，相邻两事件之间的间隔（$ds^2=dr^2-c^2dt^2$ 作为不受引力作用的位置实例，其中 dr 为两事件间的空间间隔，dt 为时间间隔）体现了世界的客观的或绝对的次序。这样，光速 c 对于时空次序来说是根本性的；它使世界的一致关系成为可能，从而在它（光速）之上建立起全部因果次序。

第十章　经典物理学中的因果原理

因果原理，象通常所构写的那样，申言每一个事件都是某个原因的结果。原因与结果这两个概念的内容不可能严格地转述出来，因为自然事件是不能被孤立起来的。因此，"原因"与"结果"这两个词汇根本不出现在自然律中，我们有的只是用数学函数表达的事件间的相互联系。每一事件均被解释为状态的变化；每一状态均由某些量值表明其特征，而每一自然律则陈述这些量值的各种变化之间的关系，正是这些量值的变化描述了各种各样的事件。在可能的场合下，量值的变化都被假定为无限小，此时自然律就表述成微分方程的形式。

由于微分定律是不能直接证实的微观定律，在判断这一认识方法的价值时我们必须谨慎。虽然如此，这种认识方法却符合于下列的经验事实，即一切观察到的结果都是连接的结果，也就是说，每当可以表明一个事件依赖于相隔一定时空距离的另一事件时，在这两个事件之间就总是有另外一些也依赖于它们的事件存在，而且其存在的方式是较大的时间间隔对应于较大的空间距离。这样，经典物理学中典型的自然律是这样的一种公式，它以某一点上事件对于其紧邻事件的依赖关系来表示该事件，此即"场方程"。（"场"指的是一个空间区域，它的每一个点上的状态完全由某些量的值所决定。）在场物理学中，力图用这些量来描述所有的事件并从而也仅仅用场方程来表述例如原子及电子的过程。最著名的场方程是麦克斯韦为电磁过程所构写的。但它们肯定不是对

于任意小的区域都为真。涡环原子论也属于场物理学的一种类型。

从这一观点出发，因果原理显得很容易在自然的四维描述中表达。它似乎断言四维柱体的内部完全由时间方向上任意薄的任一截面及柱面(边界条件)二者所决定。也可以说，由两个纯粹空间的截面及表面所完全决定。由此，虽然作为前面描述过的时空流形结构的结果，类时方向具有优先的作用，但过去-将来方向较之将来-过去方向并没有更为可取的地方。这样，我们无论说过去决定将来还是说将来决定过去都是完全一样的。但是"决定"这个词的意思是什么？因果原理和决定论这二者的意义正好都取决于这一点。一事件为另一事件因果地决定，这无疑是这两事件之间一种真实的联系；但这仅仅意味着在这两者之间总是能发现另一些有依赖性的事件。虽然如此，我们一定得同意休谟的主张，即在两事件间寻找因果链或某种粘合剂是毫无意义的。

研究因果性是否存在的这种探索只能被解释为是探索自然律是否存在。因果原理本身并不是定律，它只表述了定律存在这一事实。但是，无论我是只陈述一条自然律，还是在该陈述之外再加一短语说"这条自然律是存在的"，我这两种说法并没有任何差别。因此，只要我们想把因果律构写成定律是存在的这一陈述，我们便会遇到逻辑上的困难。

"事件的发生与定律一致"似乎意味着那种借助于四维柱体使我们能从一个已知的特定截面计算其余截面的公式是存在的。但是事件的四维表示一旦给出，就总是可以找到能完成这一任务的公式。因此，如果定律无非是意味着利用函数表示的可能性，那么凡是可设想的自然事件就都会按照定律而发生；这样，断言自然的规则性或合律性的因果原理就成了一种空洞的同义反复。为了给

这一原理以内容，通常试图对函数加上一些限制条件：或是要求函数简单，或是规定函数中不应显含时-空坐标。这后一判据曾被麦克斯韦用在他对因果性的定义中。它与"同因生同果"这句话是等同的。因为它说的是一个自然过程总是有相同的结果而不受其发生的时间地点的影响。实际上，这两个判据在每一条自然律中都得到满足（虽然"简单性"是一个极其含糊的概念）；因此，要用作规则性或合律性的定义，在实践上它们可以被认为是充分的。虽然如此，这种情况在逻辑上是不能令人满意的，因为还是可以设想尽管这两个判据都不满足而事件却仍被认为是因果地决定的情况。例如，只要人们掌握的公式总是对事件给出正确的预言，不管这些公式是怎么起作用的，人们都会认为事件是因果地被决定的。事实上，预言的应验永远是因果性存在的决定性判据，但是，这具有纯粹实践的性质，并从而不适用于因果原理的逻辑构述。

经典物理学是决定论的。而按照决定论，未来可以完全由现在加以预言。在有关未来的命题方面，决定论同矛盾律之为真毫不相干——就象亚里士多德以及还有现代的逻辑学家们所相信的那样①。按照矛盾律，一切关于未来的命题不是真就是假。按照决定论，其真假可以从关于现在的命题中演绎出来——这可完全是另外一回事了。

① 此处，石里克作为一个例子无疑暗指鲁卡西维茨的著作——《论有关亚里士多德的矛盾律》，载《克拉科夫科学院通报》，1909年。

第十一章　统计的研究方法

在经典物理学中，因果关系始终被看成是一对一的关系。但我们也必须考虑到多对一关系的可能性，即几个不同的事件 W_1，W_2，等等直至 W_n将被看作是同一事件 U 的结果。这样就涉及到自然界的某种有限制的秩序，其中各不同类型可区别如下：

(1)n 是有限的；(2)n 是无限的，但所有的 W 都发生在有限域中；(3)n 是无限的，W 并不发生在有限域中，但在该域中有聚点。这儿我们有了不同级别的秩序。现在的问题是什么时候才允许谈到无论何种秩序。看来似乎对这一问题的回答一定会为规则性或合律性提供一个定义，因为它将仅仅是对完全不规则性的否定。但是概率演算为我们给出了不规则性的定义：只要在极广泛的观察系列中出现了数据的某种平均分布，我们就说那里没有秩序存在。笼统地说，这是这样的一种分布，在这分布中，全部可能性里面没有哪一种可能性是突出的。这是用概率演算所作的构述，至于要回答如何才能把这种演算应用于实在，我们说，只有合律性的缺乏——或不规则性——才是由这种演算的为真性来定义的。由于概率规则的严格的为真性或有效性只有通过对实际上并不存在的无限多个事例的应用才能得到肯定，因此我们并没有通过上述方法得到一个严格的合律性的定义。就象我们已经讲过的那样，不规则性遍布于四维世界的类空层内，而类时纤维方向上的次序则为因果律所陈述。换句话说，只存在接续性定律，不存在共存性定律。

经典物理学把这运用于热的分子运动论，例如，当陈述一定体积气体的初始条件时，假定分子瞬时位置和瞬时速度的分布是完全不规则的。在此假定下，对于这样一群为数庞大的分子(此处分子被处理为遵从力学定律的弹性球体)，演算出的最可几行为正好就符合于经验上发现的气体定律。一个特殊的结果就是所谓熵定律的有效性——这一微观定律，由于它涉及到宏观自然过程的进行方向问题，从而在物理学中占有重要的地位。

经典的微观定律无论是属于力学或电动力学，都不允许在较早-较晚时间方向及其相反方向之间作出任何区别，因此，唯一的选择就是把过去到现在这一优先的方向归因于自然的初始条件。而这就是从玻尔兹曼对熵的解释中得来的结论，根据这种解释，熵好象可以说是分子无序性的度量。对应于熵较大的宏观状态，能设想的分子分布数远远大于熵较小的宏观状态所具有的分布数。给定的一个熵较小的状态，根据分子无序性的假定——的确，这一假定别的什么也没有讲——，该状态向一个熵较大的状态的转变比任何其他事件都具有更大的概率。这样，熵定律就是概率定律，它仅仅表述了在类空方向上无律性的这种不规则性的存在(这样，它也就表述了共存性定律的不存在)。

如果熵定律具有通常归之于其他自然律的那种严格的有效性，那么星系诞生与灭亡这种宇宙过程就不会具有循环的性质了。后者即永恒循环学说在其极端形式下所主张的或象阿雷尼厄斯所描述过的那样。但是如果该定律仅仅只具有可能的有效性(所谓布朗运动的现象使这一解释似乎显得是正确的)，那么自然过程在原则上就不再是不可逆的，而且时间的间隔越长，世上出现按照熵减少的方向进行的过程可能性就越大。如果宇宙是有限的，那么这一点对于整个宇宙过程来说也会是对的，于是时间将交换过去

与未来并沿着相反的方向展示一切。但是我们如果在这里来研究这种说法究竟意味着些什么那就未免走得太远了①。

① 比较"宇宙的时间性演化"(本书附录第 92 页起)。

第十二章　新物理学的基本概念

经典物理学中使用的概念的结构基础是由重合关系构成的，这些重合关系被认为是能直接观察到的。但是实际上，这些重合关系是由某些知觉经验所构成的，仅当有可能在被观察的事物与观察方法之间给出严格区别时这些重合关系才能被当作是观察的客观结果。严格地说，即使在经典理论中，完全精确的区别也是不可能的，这是因为两者之间的相互作用总是干扰着被观察的事物。但由于在原则上这种干扰可以根据要求而任意地减小——只要该相互作用是连续的——，因此，鲜明的区别至少在理论上是能够作出的。但假如相互作用不连续——就是说假如在任何自然过程中(而观察本身就是一个自然过程)要发生有限的能量交换——，这种区别就不再可能了。量子论的基本原理就是认为实际上发生了这一种能量交换，因此，根据量子论，观察以及对自然的客观描述这两个概念就都是成问题的。这样，主体与客体之差别这一古老的哲学问题又以确凿的形式在这儿重新出现了。要决定什么属于观察的过程，什么属于被观察的过程，在一定限度内是任意的。这样就发生了困难，要解决这些困难需要一种新的概念系统，这一系统必须保有和感官知觉的联系。

作为量子论基本事实的自然事件不连续性，首先为普朗克在辐射过程中发现。他的结论导致了随后被确认无疑的假设，即频率 ν 只能在值为 $h\nu$ 的能量量子中出现，此处 h，即所谓普朗克作

用量子，为一普适常数。在常用单位制中其值等于 6.55×10^{-27}。*

光以量子形式传播的观念同以前那种连续球面传播的概念是不相容的。因为按照后者，在离开光源极远的地方，辐射能量密度可变为任意小，而按照量子论，小于 hν 的能量是不存在的。

所有观察干涉现象的实验仪器都表明光具有波那样的性质，这是和经典光学一致的。但另一些实验却同样清楚地显示辐射的粒子性质。人们可能要推测存在着两种种类不同的辐射，但这一假设是不能接受的，因为出现这一种还是那一种并不取决于光源而是取决于进行观察的方式。另一种假设认为光源发射出一种可以说是中性体的东西，这种中性体只有通过被观察或被记录才会得到确定的形态。这一假设同样是不能接受的，因为所谓波和粒子的区别其意义正好就在于传播的不同。描述光的传播所遇到的这些困难同那种试图用玻尔原子模型来阐明量子的吸收和发射所遇到的困难是一致的。玻尔的模型仅仅提供了在原子内转动的电子的能值与放出的辐射频率之间的一种抽象关系。虽然这种关系使我们能够对光谱的结构作出种种预测——它们都辉煌地得到了确认——，但是对于原子放射和吸收量子的过程它却什么也没有告诉我们。它仅仅允许我们陈述说，这些过程的发生不遵从任何定律——换句话说，即这些过程的发生只受概率法则的支配。德布罗意把这种在辐射中呈现出来的波粒二象性提高到描述自然的普遍原理的地位。他认为，一切质量为 m 的粒子（按照相对论该粒子含能量 mc^2）都一定与一个频率为 ν 的波相联系，其中 ν 由关系 $mc^2=h\nu$ 决定①。很快，实验就确认粒子射线确实具有波的特

* 目前普朗克常数的测定结果是 6.63×10^{-27} 尔格·秒。——译注

① 德布罗意：《光学理论之旧途径与新展望》，载《形而上学与道德评论》，41(1934)。

性，并具有所预言的频率。从此，这种双重性质就被确立为基本物理概念的普遍属性，并被玻尔称为是“并协的”。

要消除上述两种解释的矛盾（相互矛盾的既不是实验也不是事实——而只是解释），只有在小尺度或微观过程中放弃知觉映象。有一种观点认为自然律的意义只能是为了预测的目的而在各观察数据之间构写种种有规则的联系。正是这种哲学观点使海森伯放弃了所有的知觉模型而来寻求一种会达到所希望结果的数学形式主义。借助于这种数学形式主义，用时空方法不能解释的原子状态就可以用纯粹形式的数字来图解式地表征了。另一显然十分不同的理论是由薛定谔提出的，那就是“波动力学”。从波动力学可以把适用于大尺度现象的经典力学作为极限情况而推导出来，就象从波动光学推导出几何光学一样容易。在这理论中有一个满足所谓薛定谔波动方程的量 Ψ 出现，但该量在可以直接测试的最后结果里又被消去了。薛定谔本人把 Ψ 解释为是对每一点上电荷密度的量度——这一解释看来不切实际。另一方面，玻恩的解释把每点上 Ψ 的值看作是在该点发现一个粒子或光量子的概率的量度。这一解释则较易为人接受。这样说来，那种在波动中传播的东西不是物理的实在而是概率的量度。对此，我们必须补充说，波 Ψ 的传播并不是在普通空间中进行而是在位形空间中进行的。所谓位形空间只是一种图解式的辅助结构，其维数就等于存在的独立坐标数。这整个理论是一种估计一定事件发生概率的极为抽象的方法——它不是一个模型。

后来人们发现，海森伯的理论与薛定谔的理论尽管在形式上完全不同，在物理上却是完全一致的，换句话说，它们分别给出了关于实在的相同的命题。这是一个重要的例证，表明了一个普遍的真理：一个理论的本质仅仅在于它的逻辑结构，它的符号外衣或

知觉外衣对于它的说明价值是很不重要的。

德布罗意和薛定谔的思想起源于那种想把自然中的粒子特性统统归结为波的特性的愿望，并从而把粒子及其运动可以说都看作是虚幻的，或者就看作是这样的一些点，在这些点上波列与波列以一种十分特殊的方式发生干涉(即所谓波包)。与此相反，玻恩的观点似乎是试图仅仅把粒子和量子看作是实在的，波则被当作了一种辅助的结构。这两种理论究竟哪一种是正确的？这个问题并没有物理意义。不管何种情况，以光速运动着的量子和以较小速度运动着的粒子这两者之间的区别还是存在的。粒子具有一种所谓静止质量，这是量子所没有的。根据德布罗意，与运动速度为V的粒子相联系的波，其传播速度为 $W=\frac{C^2}{V}$，这样，该速度就大于光速。但由于这并不牵涉到效果的实际传播，所以它并不和相对论矛盾。恰恰相反，这些新的思想能使我们断定说，世界上用来传播一切效果的真实的速度只有一种，而所有其他的运动，或者可以说是虚幻的，或者就是第二性的，就象水面上波的运动，决不能把它错认为是水的微粒的真实运动。

第十三章　新物理学中的因果性

无论是粒子概念还是波的概念，它们本身都不能产生出事件的直觉的或图象式的模型。按不同情况，这两种互相排斥的描述有时这种有时那种会显得最切实用。这一事实表现为：在根本上说来不可能有完全精确的观察。海森伯的测不准关系给一切测量的精确度加上了这一类的限制，其大要是测量自然的任一要素或部分(例如电子的位置)时精度的提高，按照定律，将牵涉到另一要素或部分(例如电子的速度)测量精度的降低。该两精度之乘积相当于一个作用量子的数量级。这一普适定律是从下列事实导出的，即观察的效果或影响不可能象所希望的那样任意减小，因此不可能在该二者之间作出鲜明的区别。因此，我们不能说通过测量总是可以精确地确定一个系统的状态。但由于这种确定乃是严格应用因果原理的先决条件，从而现代科学必须放弃因果原理的绝对真实性而满足于概率性的预测。这样，科学就不再具有决定论的特性了。

以上这些话结束了石里克遗留下来的物理哲学。手稿本中仅多了一条“生物学问题”及关于该研究的一些指示。

第十四章　生物学的基本问题

有机自然的现象也一定要由定律来描述。我们到此为止一直在讨论的自然律，无疑地对有机体是同样真实的——这是得到普遍承认的。然而有些哲学家和生物学家主张在这些定律之外还有一些特殊的对生物有效的定律，而且例如还存在一种特殊型式的能量，这种能量为一切有生命的东西所特有而不显示于无机界。这种生命自律的理论称为“活力论”。那种与之相反的观点，即认为一切生物定律均能被还原为物理原理的观点，则称为“机械论”，这是因为人们曾认为物理过程都可以还原为力学过程。今天，“机械论”称号已不再是一个合适的名称了，使用“物理解释”的讲法要更好些。

但是生物学家们仍倾向于把物理过程仅仅看作是机械过程；而且，当在此基础上获得的对生物事件的描述不够充分时，他们就想要求助于活力论。

上世纪末，“机械论者”的理论占着优势。目前，广泛流行的观点是生物学定律不能还原为物理原理。为了尽可能清楚地指出在什么方向上才能找到问题的解答，我们一开始将致力于求得一些标准，以使我们能判定在给定的情况下是否有生命存在。

第十五章　生命的判据

在日常生活中，有机自然与无机自然之间的差别是很容易识别的。但在某些情况下，我们不能——或必须克服巨大的困难才能——断定某样东西，例如一粒种子，究竟是不是有生命。如果种子是陈旧的，在我们能看到是不是有什么活的东西会从中生长出来之前，我们必须把种子播下。因为直到目前为止，还不可能用微观的判据来代替这些粗糙的试验；因此，生物学中通常应用的是后一方法。我们将举几个例子来说明这一点：

所谓发育力学的创始人威廉·鲁说：一个物体如果具备如下特征那么它就是有生命的：(1) 新陈代谢(物质被吸收，同化，异化和分离)；(2) 生长；(3) 主动的运动(为使定义更为准确，这儿把"应激性"亦即"感受性"的概念也包括在内，以区别于无机物的反应)；(4) 生殖(繁殖或增殖)；(5) 遗传(亲代与子代之间的相同或相似性)。这种说法把各个方面杂七杂八地拼凑在一起，但对于每一个个别情况它仍不足以用来断定某一给定的物体是否有生命。

下面的一些定义都太一般化，从而也都是不适当的。"无论在哪里，一有不稳定迹象，生命就存在"(杜波-雷蒙)。"只要存在那种作为生命标志的特殊运动现象，生命就出现了"(海克尔)。这是一个循环的定义。"生命是对内部条件及外部条件的持续适应"(斯宾塞)。对此我们的回答是：这些话也同样适用于物理机械。"活的机体都能自动控制其能量储存，这些能量储存对于它们稳定地维持其状态是必须的"(奥斯特瓦尔德)。对此我们问：这一自动

控制是什么呢?

此外，人们还曾试图从一些更明显的属性——例如物体的形状——来推论生命的存在。这些属性应能指明该物体究竟是过去曾经有过生命还是现在仍有生命。从形态学的观点来看，一切生物均由细胞组成。一旦我们知道了细胞是什么，我们就因而掌握了一种生命的判据。但即使是对于细胞，我们也只能列出一些十分粗糙的特征。而且即使细胞能被精确地定义，也还存在怎么区别活细胞与死细胞的问题。因此，我们首先必须各别地考察发生于细胞内部的过程。只有这样，我们才能解决有机体内部的过程是否按纯粹物理定律进行的问题。

巴斯德指出不存在生命从非生命发育出来的证据。他试图以此在生命与非生命之间划出一条鲜明的界线。后来，发现了某些化合物只在生物体内才出现，这一事实曾被认为是发现了有机与无机之间的进一步区别。由此，人们就想要证明:生命是一种制造这些所谓有机化合物的过程。有机化学被置于与无机化学对立的地位。但是，在 1828 年，一种名为尿素的有机物从无机物中制成之后，那种认为有机与无机的差别是在于它们组分性质不同的观点，就不再能加以维护了。

很多有机物具有与众不同的极端复杂的组成，这使得对它们进行合成特别困难。即使是一些最简单的蛋白质，它们对于构成有生命的物质都是必不可少的，但它们也有着极高的复杂度。为了洞悉生命过程的最深处，我们必须在分子范围之内在新陈代谢进行的时候来观察这些过程。因此，毫不奇怪，在生命过程中我们发现有某些过程完全不同于我们在日常生活中遇到的那类过程——就象在感受性这一例子中遇到的情况。可能只是量的差别的

东西，一开始给人的印象却是有着根本性的不同。尽管如此，复杂性在质的方面仍然是物理的，这表明物理的方面起着何等重要的作用。

由于无论根据组分还是根据形式，都不可能确定生命与非生命的之间的本质差别，那么这种区别只有在过程中才能被发现。活的原生质中发生的过程不同于死的原生质中发生的过程；但要回答这些过程是什么，我们的知识还不够充分。

如上所述，有机与无机间的差别暂时得由宏观的判据来给出，而生物学家则可以从这些判据开始。我们所需要的是这样一种判据，它能在任何时候应用于任何物体——例如应用于一粒种子。如果我们知道终极的微观过程，我们也就知道有机物是不是仅仅只服从有机定律，还是它们也同样遵从其他定律。只有知道了这些之后我们才能确定这些定律是不是允许有机物从无机物中发育出来。另一方面，如果我们只知道生命起源于何时何地，我们仍然不能解答生命物质中的过程是否遵从纯粹物理定律的问题。

这样，在研究的现阶段，我们还说不出区别有机体与无机体的根本性质是什么。要发现这种区别，只有对生命现象进行彻底的考察。在这一方面是没有捷径可循的。过去人们总想抄这一类的近路而同时却不知道生命体最微小的区域内发生了些什么事情。人们曾相信，只要发现生命物质能从非生命物质中产生出来，就会证明有机物仅仅遵从物理定律。但即使做到了这一点，那也并不是一个使人非相信不可的理由。同时即使能够从溶液中制造出有生命物质来，对于所讨论的主要问题我们也不会知道得更多一些。因为用这种方式创造出生命物质，对于生命仅仅服从物理定律这一点来说，只不过是一种征象而不是什么证明。为了判别这一问题，我们必须对于生命胚种怎样从溶液中产生这一过程具有精确的知识。

第十六章　活力论

当人们还相信是组分的差异使有机界和无机界相区别的时候，也有人认为在一切有生命物体中存在着一种特殊类型的力，称为生命力。这种生命力是特殊的有机化合物的本源。这就是“旧活力论”，其中完全不涉及该生命力的规则性或合律性。因此，该理论结果只不过是断言有机物与无机物生来就是不同的；它不是一个科学的理论。

后来，有人试图用某种具有更大哲学意义的东西来代替生命力。有一种现代活力论主张生命与非生命的区别在于生命含有意识(灵魂)。这是“精神活力论”的理论。现在，有些哲学家相信从根本上说来任何东西都是有意识的；如果这是真的话，很明显，精神活力论所作的区别也就不再站得住了。但即使抛弃这一泛精神论，利用意识来给生命下定义也肯定是一种行不通的办法。那种称为睡眠及无意识的状态似乎证明了生命与意识相互依存的断言是虚妄的。当然，针对这一说法可以提出反驳说：上述那类状态所缺少的只是中枢意识；而另一方面，细胞则继续具有意识。但这些都是不着边际的推测。事实仍然是：生物学研究并不把意识现象当作生命的判据。

有机界与无机界的区别只能在于过程的规则性，——这是一个已为新生物学认可的事实。

而且即使在人们的注意力集中于组分之上的时候，也还流行着一种思想，认为生命的本质要在生物所遵从的特殊形式的定律

中去寻找。因此，费尔伏恩的理论坚决主张，生命是与一种我们不知道的复杂物质相联结的，称为感受性的那种特殊类型的行为就是该未知物的属性。这种物质，由于其原子的特殊构象，被认为呈现着生命的特征。这儿所说的已不是一种在本来意义上的物质问题，因为这东西被认为是以一种特殊类型的合律性来与其他东西相区别。这一理论就其本身而言虽是可以被接受的，但由于我们在自己的经验中找不到对之进行检验的办法，因之它仍然是悬而未决的。按照这一理论，使活的原生质与死的原生质相区别的乃是不同的组成。

对于支配有机界的定律的形式，我们能说些什么呢？首先，在回答有机界与无机界的定律是否相同这一问题时，提出了一些建议，但并没有能导致问题的解决。

很多人从能量原理出发，探讨该原理对于有机体的情况是否为真。对于科学来说这虽然无疑是一项重要的工作，但对于哲学，这类研究并无多大意义。因为我们既已从经验中知道有机体并不是一台永动机，那么有机界是不可能不遵从能量原理的。现在实验已经表明这一原理对有生命物体确实是真实的。达到这一结论的第一次实验是 1894 年由鲁布纳在动物身上和 1904 年阿特沃特在人体上作出的。总的说来，这些实验确立了能量原理对于生物的真实性。但由于所比较的只是相隔较长时间的初始能量效应及最终能量效应，因此有可能在短时期内，能量既创生了又消灭了。从大尺度的观察也不能演绎出任何关于小尺度事件的结论。

与这些研究相关，唯能论的代表者们主张这样一种观点，认为生物中存在着称为活能的特殊类型的能量。即使唯能论并不是早已过时，这种观点也不会具有什么科学上的重要性。只有在知道了度量活能的方法之后，活能这一假设才是合理的假设。但从来

也没有过这种方法的影子。根本不可能提出活能作为一种特殊类型的能量。而且假如真的是存在着一种特殊的活能，生物学就将只成为物理学的一个特殊分支，而我们也还是没有权利把有机定律与无机定律对立起来；二者之间的区别将和物理学各分支间存在的区别具有相同的性质。

有一些生物学家致力于在支配生物的定律中发现某种无机界所没有的要素。这一要素和有目的性的概念一起被当作有机体的特征。大多数活力论的生物学家，带着他们的目的论观念，追求的是一条妨碍他们回到物理学领域里来的思路。他们的论点粗略地说就是：一切有机体的终极目标是个体及种族的保持。

有机体内所有过程都是以一种使该有机体得以维持下去的方式而互相联锁着。有机体的再生能力可以被当成是这方面的一个例子。但我们在没有有机体（个体）的无机界里却找不到类似的情况。当然，我们可以把行星系看作一个个体，甚至就看作是一个有机体，它具有再生的能力，——这里，再生能力一词应指受干扰时的恢复能力，例如，当有彗星通过时的情况。但对于有机体，自我保持的能力则远过于此。有机体内的过程是相互协调的，一旦受到伤害，某些排除损害的过程会自动开始作用。这些过程可以被称为是目的论的过程。现在，很多生物学家断言目的论的概念包涵了意图的概念。但"意图"是一种在意识中预期的行动结果，因此，只有当有意识存在时，谈到"意图"才有意义。事实上，有些活力论者主张只有在存在意识的地方才能提出目的论来，并因此而主张一定要把意识归之于有机体。对此，我们可以反驳说，即使不先假定一个意图，也还是有可能定义目的论的概念并加以应用。观察仅能告诉我们，当有机体的平衡被破坏时，某些过程就在未受影响的有机体内开始动作，其动作的方式正好造成这样

的最终结果，即使得该有机体或种族在外来干扰下得以保持。这一事实成为试图在机器与有机体之间寻找一种根本差别的基础。这也就是杜里舒的思想。为了刻划出上述过程的特点，他把这些过程称之为“类精神过程（Psychoids）”。通常的论点是这样的：机器的构造方式是每一个零件只完成一种确定的功能，该零件损坏，该功能也就丧失。另一方面，有机体则把受损的部分重新修建起来。我们无法构造一台机器，使它的不同零件能互相代替；机器的每一零件都有其功能，它不能承担其他零件的功能。对此我们可以评论说，即使我们这样定义了机器，我们也只不过是定义了我们所说的机器指的是什么意思，我们并没有因此而陈述了任何东西。下列假定仍然没有得到证明，即认为不可能设想一个物理系统，一方面无例外地遵从物理定律而运转，另一方面又同时具有有机体的再生能力——这一假定仍然没有得到证明。没有一个普遍的超级原理可由之而演绎出上述那种机关或装置的不可能性——甚至连类似于这种证明的东西也没有。只要把我们的各种器械想象为不是由刚性材料而是由象肌肉似的塑性物质构成的就行了。不管怎样，完全可以想象，人类也许会构造出一种装置来，在该装置中每个零件完成几种不同的功能。

在过去关于有机界有目的性的讨论中，常常可以听到这样的论点：当我们发现了一件工具，我们就下结论说该工具是为某一确定的目的而制作的；类似地，从有机自然的有目的性这一特点，我们必然要推论到造物者（神，隐得来希）的存在。然而，这两种情况是有区别的。工具的目的在其本身之外，有机体的目的则在有机体本身之内，而且在于其本身的保持。没有证据表明有机体各部分之间的相互调节不是由纯粹物理定律决定的。当生物学家对此答复说，物理学的盲目的力和定律对生物学是不够充分的，有机界

的力是有目的性的;则我们也可以回答说,用这种方式来区别这些力是荒谬的。力的原始概念本身就包含了目的的观念,但这种被赋予了人的特点的概念已被物理学的纯化作用所废除了,因为人们认识到,这样做没有能说明任何东西。同样,假定支配着有机物的那种有目的性的力也没有能说明任何东西。有目的性的力这一概念的内容不是空洞无物就是被赋予了人的特点。

虽然如此,某些科学家,就象活力论者约翰内斯·赖因克,仍然保留着这种混乱的观念。赖因克认为当他引入一种生命原理来代替生命力时,他已取得了进展。他的原理不能应用于原子而只能应用于极复杂的结构物。引入了一些新的力,这些力被假定为不同于物理学上的力。赖因克把组织性、生殖和心灵当作生命原理的基本要素,而且认为生命原理与能量原理是等同的。他试图把生命自律建筑在目的论的基础之上,引入了一种目的论的力,这些力造成了特殊类型的事件——目的论的而非因果性的事件。赖因克还谈到支配者,这指的是一些有目的地起作用的力或定律,因果性事件是从属于它们的。身体的每一部分,例如眼睛的每一部分,而且还有整个眼睛,最后以至整个有机体都有它们自己的支配者。但是这种支配定律的观念是不能应用于自然科学的。因为只有当自然律被看作类似于人类的戒律时,才可能对它们应用高级与低级、长官与部属这类相互作用的关系。只要认识到自然律不过是事件实际进程的普遍描述,这种被设想为控制一切其他力的支配者的概念就还是悬而未决的。如果活力真的是存在着,那么它们不是比物理力更高级,可以说,它们与物理力是同等级别的。

杜里舒也认为物理定律用来解释有机事件是不够充分的。他试图用一系列论点来证明生命自律,其中最重要的论点是主张有

机体不是机器。他用实验表明，如果把那种处在有机体的某个部位时会发育成眼睛的细胞，移植到另一个通常是生长耳朵的部位去，那么这些细胞长成的是耳朵而不是眼睛。因此，有机体的各个部位是可以互换的。杜里舒把这种系统称为谐势系统。现在，机器可以指两种不同的东西，一种是无例外地遵从物理定律的系统，另一种是其中每个零件都有一个确定功能的系统。杜里舒把一个概念转换成另一个概念而没有证明这两个定义是等同的。而他整个的论证要依赖于这两个概念的等同。

杜里舒的第二个证据是基于目的论的一个特例，其中，感受性的问题占有一席之地。尸体以一种确定不移的方式发生反应；与此不同，有机体能在不同条件下对外界刺激发生不同的反应。刺激和反应在其各个部分中并不都是均匀同质的，它们只有作为整体来说才是如此。在无机自然中，相同的刺激总是引起相同的反应；在有机自然中，按照杜里舒的说法，情况就不是这样。他用电报作为例子来说明这点：电文"约翰在家过完了一天"引起一种确定的反应，该反应既不依赖于电报的外观，也不依赖于电文的措词；但假如修改一字(把"一天"改作"一生")就会引起一个全新的反应。对这类例子，杜里舒谈到一种"有机体反应的历史基础"。针对这一论点，我们可以说，这类例子并没有排除用相同的方式在无机领域和有机领域内解释反应的可能性。即使在无机领域，刺激的极小差别也能产生完全不同的效果。为了解释有机体中刺激与反应的不同，只要设想一种十分复杂的机械装置也就行了。

杜里舒有一个想法是正确的，而这正是问题的核心。杜里舒认为：在所有证明生命自律的实验中，主要之点是要在十分相似的条件下发育出十分不同的东西来。现在，假如没有可感知的不同——亦即，存在于空间的东西并无不同，那么就必须假想一个新

的原因，这一原因由于它的非空间性而与物理事物相区别。任何物理事物都一定处于空间性的坐标系内。假想的非空间性原因被杜里舒指称为生命的内部自律——或者换个名称，叫隐得来希。为了证明生命自律就一定要表明，有机体中在相同的条件下，不同的时刻能发生不同的事情。但是，上面所给出的细胞移植（眼睛——耳朵）的例子并没有提供这种证明，因为该例中决定发育的是不同的环境；因此，这是一种空间性的处理，我们没有理由假定有非空间性因素的存在。

在有机界中，无论我们考虑生殖、遗传、明显自发动作等现象还是考虑任何其他事实，我们找不到什么问题是专门科学——生物学，以及间接地，化学与物理学——所不能解决的。这些问题中没有一个会造成任何原理上的困难——认识论的困难——以至于其解决需要哲学的帮助。对于遗传性的问题，的确有人说过，一个拥有其全部特性的完整的个体如何能包含在象人类精子那样微小的物体之内，那是不可想象的。但是从认识论的观点看来，这并不难于理解——它根本不是什么奇迹，——因为一切量值的相对性告诉我们，物质的最微小的粒子所可能有的相互区别正如人体所可能有的一样多——亦即具有无穷的多样性。一切所谓的生命现象之谜，可以说，仅仅只不过是量方面的困难；它们并不是由生来分隔的领域之间的联接所产生的。这样，对于自然哲学而言，有机体不过就是一些特殊的具有复杂结构的系统，它们被包含在物理世界图象的完美和谐的秩序之中。

关于量子论与生物学的关系，请参阅石里克的论文《量子论及自然之可知性》（《论文集》维也纳 1938；再版于《定律、因果性和概率》维也纳 1948）。

附　录

必然性与力[①]

（第三章的补充）

在思想史的初期，自然概念的内容更多地用人性的形式来表示。其时，原因被看作是一种努力，一种奋斗；人们认为这种努力或奋斗，可以说，根据必然性从其自身中排出了结果。因果关系被设想成是联结原因与结果的真实环节——这是休谟在他当时即已抨击过的观点。到了晚近的阶段，那种认为结果是由原因通过某种决定之类的东西而不得不产生的神秘观念，被马赫称为拜物教的残余。马赫整个地抛弃了因果概念而代之以"函数的"依赖关系（模仿数学中使用的术语）。但是实际上这仅仅只是名称的更换而已。很难理解，为什么自然中的实在的依赖关系，只能仅仅被当作数学上的逻辑概念性的关系而不能被指称为"因果的"关系呢？特别是原因与结果概念的定义完全可以和拜物教不发生关系。

在我看来，远为危险的是拟人论或拜物教；它们是那么容易和自然律这个词联系在一起。"律"这个字容易引人误解，因为它本来使用于人类社会，指的是一种统治机构的法令，用以强迫被统治者接受某种一定的行为类型。"律"这个字正是在这种用法上被借用过来的。但是自然律则决不是加于自然的一种法令，决不是对

① 摘自石里克："Naturphilosophie"（《自然哲学》），载德索尔编《哲学教程》，第二卷《哲学在其独自的领域中》，柏林 O.J.（1925），第434—437页。——由于此后几节所转载的文章中引用到我们未予转载的章节，因此不得不对之作了某些无关紧要的更动。

事物实施什么所谓强制并要求事物加以服从的。自然律只是一种单纯的公式，它描述自然的实际行为而不是规定自然应当成为的模样。

因果性的概念包涵着必然性的概念，从而自然律的概念也包涵着必然性的概念。但必然性概念的真正意义是什么呢？它不再指强制之类的东西（这是“自由”的对立物，它意味着有意识的存在物的努力或奋斗），而是指一种规则性（这是“偶然”或无规律的对立物）。这儿，必然性指的就是普遍有效性，既不多些也不少些。这句：“A必然随着B而发生”就其内容而言和句子“每一次只要状态B发生，状态A即随之而发生*”是完全等同的。前者没有比后者多讲了任何东西。由此可以看到，在自然界，只有当相同的事物在某种意义上重复发生时才存在因果性、定律或必然性的问题。只有当相同的（或至少，类似的）过程能在不同的地方、不同的时间发生时，陈述“A每次都随着B而发生”才有意义。自然的均匀同质性乃是定律概念存在的必要条件。这一个观点应该说没有什么地方可以使人感到奇怪了——因为全部知识，并因而也包括了自然律的构写，都是以世界上各种类似性（同一性）的发现为基础的。

和那种由于原因及必然性的概念所造成的错误相比，类似的错误也往往作为另一个概念的后果而产生，——这就是“力”的概念，它有时甚至被拿来与原因的概念相提并论。即使在今天，人们有时还相信力是自然事件的真正原因，并从而不自觉地想象有某种类似于意志的东西在那儿竭力奋斗并指向某一目标或目的物。由于观察到手一松石块就以一定的加速度落到地上，人们就把这归因于地球的“重力”，正是这个地球“力图”把石块拉向自己。基

* 此句英文本A与B颠倒了，译文已予改正。——译注

尔霍夫，尤其是马赫，十分正确地指出，象这样的拟人论的概念，不管从力这一概念的起源来看是如何容易得到解释，它们与物理学却是毫不相干的。力这一概念的起源无疑是来自肌肉的用力，这种用力是人在试图移动物体时所体验到的。人们观察到越是要使移动加速，为移动物体所必需的肌肉的用力也就越大——此外还取决于一个由物体性质所决定的因素，该因素称为“质量”。这样，质量与加速度的乘积被定义为力的度量。（这样下定义的是牛顿。）

要是我们，举个例子来说，确定了某已知质量的带电粒子在某电场的给定点上具有的某种加速度，我们就能——按照定义——说，在该点上正有一个力作用于该实验粒子，这个力等于粒子的质量与加速度的乘积。但显然，我们绝对不应当设想在电场的该点上存在着一种“奋斗或努力”，正在用足力气把这个粒子不是拉过来就是推开去。我们所能作的唯一断言就是，在该点上呈现着某种状态，或者发生了某些过程，而这可以被认为是造成加速度的原因。要是我们想要把“力”与这一原因等同起来，那么力就只不过仅仅是场过程本身的一个名称，而这种命名法将是极不适当的。要是我们不把“力”这个词解释为指一个过程，而是用它来指过程中的某种规则性，那么这就和物理概念结构的意义符合得更好了。下面我们就来说明这一点：

人们曾经一度认为力不是什么别的而只是运动的一种任意的度量，它等同于质量与加速度的乘积，此外再无别的意义。但是这样一种观念是很难成立的。力不是一种单纯的度量，它本身就是用上述的乘积来度量的。力（在我们的例子中）不是被设想为某种处于物体本身的运动之中的东西；而是某种既在运动的原因之中，又在决定运动的场过程之中的东西。举例来说，上述结论可以从

下列事实得出：当代力学(爱因斯坦力学)已不再认为力＝质量×加速度这一方程普遍有效，而只是认为该方程在速度极小的场合近似地有效。如果问题是一个完全任意的定义问题，那就不可能是这样。实际上，在这一争论中我们有十分确实的经验材料的支持，例如(理想地表述)：如果两个不同质量不同速度的粒子，先后置于相同的外界条件之下——例如，在某电场中的同一点，——它们的行为会有很大的差别。但由于我们把“力”理解为某种类似于场的状态的东西，我们就可以说：该点的两个粒子都受到同一力的作用（其时假定粒子的存在对场的状态没有可察觉的影响)。这样，为寻找力的一种度量，我们必须观察在该两物体不同行为的全过程中哪个量是保持不变的。于是我们发现，这种量的一级近似就是质量与加速度的乘积。旧力学中用这一量量度力，其合理性就仅在于此。(我们暂不考虑质量概念的定义中出现的各种困难。)而在新力学中，这一乘积被一更为复杂的表达式所代替，因为人们了解到新表达式代表了在两种场合下取相同值的一个最简单的量。——谁要是不熟悉这个电作用力的例子，就得把这两个粒子想象作是与一弹簧相接触，该弹簧正从紧张状态中松开，而且弹簧的状态对于两个粒子都是相同的。这时我们就能说，在两种情况下，同一个力(弹簧力)作用在两个物体上，并再次寻找在两种场合均具有相同值的量。这样，我们就发现了力的度量。但是象这样一种度量单位或标量值的相等性正是规则性的表现——是弹簧中（或对于我们前面的例子是电场中）那些过程之规则性的表现，而这些过程我们可以看作是所观察到的受力“作用”的试验体加速的原因。据此，我们主张，决不要在任何意义上把“力”当作原因，而应把“力”看作是因果过程规则性的表现。

我们对力的概念的解释是以下列经验事实为基础的：这一事

实就是“超距作用的力”并不存在，存在的作用只能是从一处到一处或从一点到一点连续地传播的作用。要分析力的概念，我们只需要考虑受力作用的粒子的直接邻域，而可以忽略它当时的状态对较远邻域的依赖。如果自然中突然出现了超距作用，事情就大不相同了。此时，为了定义力的概念，我们得要考虑全部有关物体的总的构象，而力就得被设想为是对这些物体总的行为规则性的描述。这一想法的困难无疑使科学家们在很早的时期就对超距作用的假设抱有反感，他们以先天的理由宣称超距作用是不可能的。他们在反驳这一假设时用到这样的语句：“物体不能在它所不在的地方作用。”对此，应当明确地说明，超距作用的不可能性是不能从哲学上加以证明的。只有经验似乎告诉我们这样的东西并不存在，而且描述自然事件之间联系的更实用的方法是假定在每一点上这些事件都唯一地取决于它们时空邻域内的其他事件。

原子的概念①

（第五章的补充）

（一） 机械原子论

常量，或不变量，被认为是自然中一切变化的基础，是一切感官知觉可及的物体可变特性的自我同一媒质。它被称为实体。现在，这个自我同一的本体是什么呢？要说明它需要些什么概念呢？每一种更准确的指称都只不过是对属性的再次陈述。因此，如果我们希望实体不应是那种无法直觉地表征、无法进一步规定的东西，希望它不要仅仅停留为一个公设——知识的最后止步点——，

① 见上引书，第406—422页。

而应该成为说明某种东西的真正手段，那么，根本之点就在于要规定它的基本性质。因为很明显，其性质不为人所知的东西，对于说明是毫无用处的。而且，这些性质或属性，必须是不变的、恒定的、自我同一的——因为它们的作用是要表现实体的本性。这样，就清楚地表明了说明自然的方法和可能性。人们必须把可见实体的可变性质想象为是从原始基体中的那些不影响其基本属性的过程中产生的，而且可以归结为这一基体。而运动似乎就是一个满足这些要求的过程。但是运动着的基体有哪些基本特性或特质能看作是不变的呢？它们不可能是有形物体的可感觉的性质，因为这些性质都会变化。温暖流动的水冻成冰就变得又冷又硬；事物的色香味随着不同的感知条件而起变化。那么什么是保持不变的呢？希腊哲学家留基波和德谟克利特在被迫放弃了所有"主观的"感觉性质，就象红、热、甜等等之后，不得不把"充满或占据空间"当作留给物质的唯一性质。事实上，这一性质似乎是必然的剩余物了（因为在思想史的那个阶段，所考虑的只有图象式的东西），而且它对于图象式地解释不同物质的行为也似乎是可以胜任的。

做到这一点是靠了原子理论的帮助。这一理论就在于要假定实体或物体的广延实际上并不真的是完全充满着实体的连续的空间，它们是由非常小的不能再进一步分割的部分组成的。后面这样东西的根本性质在于"占据空间"。按照这一定义，两个物体不能同时占据同一空间——除非它们是同一的东西。换句话说，实体是"不可入的"。至于在这些完全充满物质——原子——的微小空间之间，则是虚空的空隙。对于轻而能渗水的物体，可以认为这些空隙较大；对于坚实沉重的物体则认为原子是紧紧挤在一起的。当然，个别的原子相互之间在质的方面分不出区别，因为实体的本质——即充满或占据空间——对它们全体都是一样的。它们之间

可能有的差别仅在于它们所占据的空间的大小和形状以及它们的位置和运动。德谟克利特认为，原子都有一些凹陷和凸起，还带着种种钩和环，从而它们能多少是牢固地联结在一起，并相聚成形而表现出气、液、硬、软等物体的特性——尽管结构物中的原子全都始终保持绝对的坚硬和不变的形状。

与此同时，从认识论的观点看来，这一原子的理论有一个优点，这个优点无论怎么评价也不算太高：它提供了一幅完全不存在任何质的差别的世界图象。所有自然中的质的差别都被大小、形状和运动的差别所代替——换句话说，都被数值的、可想象的、量的测定所代替。这一点当然是对自然知识作任何一种数学构述的基本条件，并因此也是使用那样一些方法的基本条件，这些方法使物理学在研究实在的科学中上升到了最高的位置。因此，古代的原子理论有着非常高的目标，这种目标凭它所掌握的简单手段是不可能达到的。

当道尔顿把中世纪时实际上已被遗忘的原子论引进近代科学时，它是以相当谦虚的形式露面的。它并不宣称能从所有原子在质的方面相同这一假定推论出物质的所有性质——换句话说，它并不宣称物质的所有性质均能从仅仅一种物质的原子中派生出来。它当时只是满足于有多少"化学元素"就有多少种不同的物质——而在当时，这可是一个很大的数目。另一方面，这个新理论较之旧理论有一个极大的优点，那就是借助于它的假设，它能定量地说明大量化学事实。简言之，它能引用经验事实来支持和证明原子论的真实性。

但是，对哲学发展来说，比这一物质的概念更为重要的是原子论随后在专门的物理问题上的应用。先是应用于所谓机械物质

论,尤其是"气体分子运动论"上。和任何其他物质相比,气体的有规则行为要更为简单一些。它可以从下列假设在数值上很精确地演绎出来:这一假设是:气体由极小的微粒组成,每一微粒均按力学定律自由地运动着,并遵从惯性定律在空间画出直线的径迹直至与容器壁或与其他粒子碰撞。这一理论为热的本质提供了一种貌似有理的解释。它标志着一次相当大的进步。按照这一解释,气体的温度,(一般地说,任何物质的温度,)既不多也不少恰好就是这些粒子的平均"活动力"(或动能)。

为了使这一理论完整,必须给这些粒子(原子或分子)一种新的性质,即完全弹性。这意味着在粒子与容器壁的相互碰撞中,一定不能有丝毫的动能损失——举例来说,微粒从器壁弹回时的速率必须正好等于它撞上器壁时的速率。但对这样一种机制的设想很自然会包含着困难。

在经验中我们没有遇到过完全弹性的物体,这是事实。但这一事实无关紧要。在原子理论中一定要作为假设来假定完全弹性体的存在。但是,碰撞的过程又该怎么来想象呢?弹性,仅仅存在于可以发生形变或畸变的物体或实体中。两个弹子球在相撞的顷刻稍稍变扁了一些,但随即再度恢复它们原来的形状。正是通过这一恢复,它们才被弹开了。对于原子碰撞的情况,如果假定,当它们的表面在某点相互碰到时,它们立即分开而没有任何形状的改变,那么,这一无限快的速度反向的不连续过程将意味着对力学定律的违背。但另一方面,如果同意原子发生压缩,那么原来的实体概念就得放弃了。因为如果同一实体,在形变的状态下比之未形变前充满较小的空间,那么它的基本性质就不再能用"占据空间"这一指称来表征了。因为对于实体占据空间时的紧密程度或密度必须给以附加的陈述。

而这就要引入一个关于实体的新的质的定义，而它对于弹性的说明不会有任何贡献。因为对于有形的物体，可压缩性与密度的不同均可由完全刚性的原子之间的间隙或空隙的减小来说明。但对于原子本身来说，这种说明是不可能的，因为原子是紧密无孔的。容易看到，为了想使原子理论完善，原子内部结构这一问题是回避不了的。只要认为实体就仅仅是占据空间，那么这一问题就总是引起矛盾。当然，如果在化学中，化学元素的实体真的被看作具有不可归并的不同性质，那么上述概念无论如何都是会被抛弃的。但是这种看法无疑地只是暂时的，而且下述信念，即随着知识的进步这些性质或特性的数目将会进一步减少，却从未被抛弃过。在此情况下，只要人们还在寻求机械的说明，矛盾就会变得突出。

这些困难本来是古代原子理论所固有的。举例来说，如果原子象德谟克利特所设想的那样配备着钩子，我们将有理由问：为什么这钩子不会折断？我们能想象钩子的折断并问：是什么把钩子和原子的其余部分联在一起的？为什么在概念上可以分割的结构物在物理上却不可分割呢？德谟克利特的原子看来好象其所有各个部分都是由无限大的力联接或绞合在一起的。而且，即使允许谈论这样的力，它们将在原先的实体概念中引进一个会使这概念失效的外来要素。我们就这样到处遇到困难，要避免这些困难只有放弃旧的思路，寻求另外的途径。原子理论与物质概念，——这两个思想在它们到目前为止所采用的形式下是不相容的——二者之中必须放弃其一。下面我们来考虑第二种可能性，即通过放弃实体仅仅是“占据空间”这一概念，力图对物质构造获得一种更令人满意的想法。

（二） 动力原子论

把原子看成是刚性的充满空间的结构物这种思想，就象我们已经看到的，一旦试图在符合基本假设和力学定律的条件下描绘碰撞过程，就会遇到困难。那种使原子在碰撞之后彼此分开所必需的力，不能从仅仅占据空间这种实体概念或从不可入性演绎出来。但是，如果事先假定原子之间存在着一种斥力，当原子之间空间间隔越小时这一斥力就越大，那么上述困难就能避免而且过程也就可以认为是连续的了。（万有引力的经验材料所提示的理论——即原子之间相互吸引——并不一定是和上述假设相矛盾的，这一理论只需要在较大的距离上为真，当距离较小时吸力可转为斥力。） 当两个原子相互接近时，这样的力就使它们的速度减小，直至达到静止状态，之后，就会发生反向的运动——这一反向运动在两微粒接触之前就会发生。这是一个全部符合力学定律的完全连续的过程，它之成为可能是由于引入了一种全新的动因，其形式是原子力。

这样，实体的概念由于加进了一些力而扩展为某种不同于仅仅占据空间的东西。但要是我们问，原来作为实体本质的“占据空间”现在还起些什么作用，回答就是毫无作用！ 它已不出现于上述机制的任何部分中。极小微粒的大小和形状已无关紧要，它们可以象你所希望的那样或大或小（只要其大小保持在某一限度之内），而不使过程的进行受到丝毫影响。根本不存在与原子表面接触的问题。因此，它的形状和广延就没有任何影响。在原子的科学说明中所有必须加以考虑的就只是从原子中发出的那些力。原子的充满空间或占据空间的物块或躯体已不再用在任何种类的说明之中——它最多只是用来作为力的媒质或中心罢了。在这样的

外观下，原子根本不需要是广延的，因此充满空间的实体这一假设就是多余的了。这样，其结果就是实体概念的意义完全改变了。因为对于那种在理论中无处容身从而也不能加以检验或证明的性质，唯一正确而诚实的做法是不去断言它的存在。如果原子真的仅仅起一种力心的作用，那么就应该仅仅把这种作用包括在实体概念之中，而不应该画蛇添足地硬把占据空间也拉进去。

于是，我们达到了这样一种观点，即把物质想象为是由点-中心——即所谓博斯科维奇原子——所组成，各点-中心之间作用着某些力；或者宁可这样说：物质由中心所组成，中心的基本性质完全由这些力的作用所构成。由此，实体本身不再是广延的，而物体的广延则仅仅在于组成该物体的点-原子由于斥力而保持分离。这就是“动力物质论”，该理论把广延归结为力，这些力又被看作为构成了实体的基本性质。与此相反，德谟克利特的旧原子理论则追求从广延演绎出粒子间的作用力来——这种企图终于失败了。

这一动力学理论，由于其基础概念的简单性，是一种给人印象深刻的结构。它对于哲学头脑有很大的吸引力。康德就是它的信从者。亥姆霍兹在其早年则完全被这一动力理论所代表的力的观念迷住了——他甚至认为这一理论是说明自然的必要的和唯一可能的手段。他当时主张：“物理科学的任务是把自然现象归结为恒定的吸力和斥力，力的强度则取决于距离。”他还补充说“完成这一任务的可能性同时就是自然的可理解性的条件。”当然，他相信他能把自在的实体与它的力分离开来，至少，他相信通过抽象可以做到这点：“这样，对我们来说，自在之物的基本性质就是一种静止的不活动的状态……”亥姆霍兹十分清楚地表达了对于纯粹机械物质论如此重要的基础观念——亦即在实体中取消一切质的差

别。"我们可以不把质的差别归之于自在之物，因为当我们讲到不同种类的物质，我们想的只是它们的不同效果——亦即它们的力。因此，自在之物能经受的只有空间性的变化——那就是运动。"

原子论思想合乎逻辑的发展推翻了把实体当作是某种具有空间广延的东西的概念，而机械的自然观也就抵达了它的顶峰。它展示了一幅极其单纯的自然映象。而且，虽然当代科学早已放弃了这种世界图象，认为它是一种完全不足以代表实在的概念结构，但这并不是由于它所发展的思想有着内在矛盾，而只是由于动力学理论不能说明某些经验材料：在它的假设上建立不起一个满意的物理体系来。

（三） 连续论（涡旋原子）

在上面刚讲过的动力学理论中，把实体看作是某种充满或占据空间的东西这一观念已被原子论所推翻。但是，好象还是有可能用这一被反对的方法来发展一种物质论——即坚持实体与被占据的空间的同一性、放弃原子结构而采用连续论。

如果放弃了德谟克利特原子的根本观念——即原子物质的不可分割性——，那么刚性原子作为有确定形状的物体就不再存在了。对每一份实体都可以在任意多个点上进行任意多次分割，而其微粒则可以毫不费力地互相易位。一句话，它们的行为就类似于一种性质高度理想化的流体，即应当被描述为是一种理想流体。

现在就有可能在这样一个实体概念的基础之上来描绘一幅连贯的说明性的自然图象。初看起来这好象是不可能的，因为以铁棒为例，要说实际上它是由流动实体所构成那似乎是无法想象的。但对流体性质的更细致的考察显现了至今还一直未被想到过的可能性。那些高明的吸烟者闹着玩而喷出的烟圈是谁都熟悉的。这

是空气和烟的粒子一起以某种速度绕着圆环轴旋转而形成的结构。现在，象这一类的涡环在任何流体中都是可能存在的。而亥姆霍兹由于解出了欧拉为这类流体行为所构写的方程，从而发现了支配涡环运动的精确的定律。他发现在理想的无磨擦的液体中，这种环既不能产生也不能消灭：它们一旦存在，就永远永远要存在下去。它们能向多重方向移动，能改变形状，并能互相影响——但没有一个环在理想流体中能消失或重新产生。这种不灭性实际上就是德谟克利特原子的主要特性。这一事实启发了人们来研究这样的涡环是否可作为建筑物质的砖石。实体的坚硬性和固态可以很容易地得到解释，只要假定那个不可见的微细的"涡旋原子"中的那些粒子在以极高的速度旋转就行了。因为在此情况下，该种结构(就象极高速旋转的陀螺)有极大的力量来抵抗一切外来影响，并表现得又坚又硬。因此，由于它的动力学行为，它很容易造成似乎是真的具有这些性质的假象。

开耳芬勋爵是涡旋原子思想的创始人。他和J. J. 汤姆孙后来又进一步研究了这一理论。亥姆霍兹也曾为这一理论所吸引。涡旋原子论——它实际上是一种连续论——的世界图象是这样的：不存在虚空的空间，空间完全而连续地充满着一种绝对无磨擦的不可压缩的流体(空间以太)，在其中发生着无数上述的环状运动，这些环状涡旋在量的方面可能彼此不同，而所有感官知觉可及的实体或物体就是由它们产生的。鉴于它们的不灭性，它们很可以被名为"原子"。但它们比起德谟克利特的原子来有着这样一种优点，即它们的不可分割性不再是一种最终的无可说明的性质；相反，这一性质可以从实体的本性或本质中推导出来。在这儿，这一本质仅仅是在于：在占据空间的同时还能够按照牛顿力学——即按照欧拉公式——而运动。这样，在这一理论中，原来的实体概

念似乎被坚持下来了。

某些哲学家对这一实体观念提出的反驳是：如果不存在虚空的空间，那么就不可能有运动；而且连续的可以任意分割的实体这样一种观念包含了完全的无限可分性的矛盾。这种反驳很难成立，因为如果这些思想本身是矛盾的——内在的矛盾——它们就不可能这么完美地用数学形式在欧拉方程中表示出来。

另一方面，从哲学的观点来看更有意思的是对实体连续性理论的另一种反对意见。这种反对意见是由莱布尼兹提出并随后多次重复论述的。莱布尼兹论证说，在这种到处是完全均匀同质而连续的物质中，虽然只要发生运动，实体的粒子就要改变其位置，但每当一个粒子离开其原来位置时另一个粒子就会立刻占据这一位置；而由于这另一个粒子与前一个粒子是完全同质的，整体的状态恰好还是和以前一样——两者完全不可分辨，一切就好象什么也没有发生。而且这一点适用于所有可能的状态——任一状态都与其他状态完全相同。这样，在任何情况下在每一瞬刻在每一点上存在着同一性质的实体。在这样的世界里不会有变化，也因而不会有事件。因此，想要用这种观念来说明千变万化永不停息的自然就未免太荒唐了。

这一反对意见本来倒会是有道理的，而且肯定会使涡旋原子论无效，只要在这一理论中起说明作用的仅仅是物质的**存在**。可是无论怎么说，事情并非如此。相反，在上述世界观中应用的唯一的说明原理是物质的**运动**，物质在每一点上均以一定的速度移动，该速度既有确定的大小又有确定的方向。的确，在任何瞬刻，在空间的任一点上所看到的确实都是相同的实体，但这根本不成为在不同的时刻宇宙的各种状态何以应当相同而不可分辨的理由。因为实体是在不断地改变其**状态**——运动的状态。按照这一理论，

运动着的物质不同于静止着的物质。因此，当莱布尼兹对运动作抽象时，他正好丢掉了那构成该理论核心的东西。这一理论对普遍空间的每一个点，无论该点在涡旋内或涡旋外，都给赋予一确定的速度，该速度由其量值和方向来决定；而所有涡旋原子的运动以及在涡旋原子之间的实体的运动，就通过对空间每点速度变化方式的陈述而得到表达。由于那种既有数值又有方向的量称为“向量”，因此我们可以说，涡旋原子论标志着这样一种尝试，即试图仅仅借助于一种向量——速度——来给出全部自然事件的完整描述。自然呈现为一个巨大的“向量场”。当然，对于这理论的概念内容来说，这一在每个时-空点上描述自然之状态的向量是否正好被解释为是某种实体的运动速度，本来是无关紧要的。换句话说，这儿实体的概念已被还原为运动，——就象在动力学理论中它被还原为力一样。这儿，“占据空间”起着根本不同于原来赋予它的那种作用。

但是涡旋原子论由于其原理的简单性，却代表着一项真正重大的事业，这项事业倘若成功的话，就会在很大程度上满足人类对知识的追求；变化无穷的自然也就会被还原为一个简单的基本概念，而使泰勒斯“一切皆水”的豪言壮语为之相形见绌。而与此同时，机械的自然观也将庆祝它的巨大胜利——因为世上一切事件都已被解释为运动了。

但今天，涡旋原子论已不再能被看作为一个物理理论了。涡环或诸如此类的组合并不具有那些为了精确地定量地说明观察到的自然过程而必需要有的性质。在这一理论的世界图象中，没有哪种经验材料——诸如化学或电学理论之类的数据——能被满意地安排进去。因此，无论是这一有趣的尝试还是此后各种出自同一观念的翻版，都没有科学的价值。今天，一切机械理论也都是如

此；因为当代物理由于种种根本性的理由（这些理由后面将要谈到）已放弃了那种把一切自然律还原为运动定律的观念——换言之，即放弃了把全部自然事件还原为力学的观念。

（四） 唯能论

为了想把世界图象建筑在一种哲学上圆满的实体观念之上，其结果就产生了上述的那些机械理论。但这些机械理论并没有能实现寄托于它们的希望，因为作为科学的假设，它们证明是行不通的。这样，很自然，我们就会对所有这一类基本假设都抱着怀疑的态度，甚至还要试着从认识论的角度来证明它们的不足。于是人们开始考虑一种不要任何假设的自然描述，并且认为这一点通过下列的方法是可以实现的，即抛弃所有关于本体的命题——这些本体，就象原子，是处于知觉之外的，——并这样来构写自然律，使自然律中无例外地只容纳那些关系到可以直接测量从而在自然界实际存在的量或量值的命题。这样，就不再允许用某些超微观的原子机制来在物理学各不同领域——力学、热学及电学——之间寻找认识论上的联系了。必须找到另外一座能把它们互相联系起来的桥梁，而能量概念和能量守恒定律这二者似乎都可供此用。

我们知道，物理系统的能量（相对于确定的初始状态而言）代表着（当该系统转变到该初始状态时）可以从该系统中获得的机械功的总量。这一个量是完全确定的，而且不依赖于该系统在转变过程中所可能经历的中间状态。而为了要把该系统从正常的初始状态再转变到第一次转变开始时的那个终极状态的话，恰好需要供给该系统同一总量的功。由此可知不存在这样一种物理系统，从中可以不加补偿地获取无限量的功。“永动机”或可以无中生有地产生功的机器是不可能的。经验的事实是，功既不能从无而产

生，也不能消失为无；任何地方功的获得或丧失总是伴随着消失或重新产生相应份额的另一种形式的做功本领，这另一种形式可以是电的、化学的或任何其他的"能量"存在形式。因此，对于一个与周围世界隔绝的系统来说，全部能量总和是恒定的，而且代表着一个在一切变化中不变的量。

显然，把这一能量看作真正的"实体"，即所有自然过程不变的基础，这种看法是必然要出现的；正是这样，"唯能论"的世界图象就诞生了——这种图象特别是由兰金及奥斯特瓦尔德发展起来的。奥斯特瓦尔德的观点是除了这种能量之外没有任何东西存在；这种能量是持续不断地自我同一的，但又表现为各种形式——即它可以呈现出各种不同质的性质或特征。此外，世上的一切事件都仅仅在于从这种能量的一种形式到另一种形式的转化；这一能量在本质上始终保持不变，尽管它的性质按照规则而发生变化；至于这些规则那就是自然律的内容。这儿，不再象在原子论中那样，把热等同于运动，而是把热设想为某种仅仅在质的方面不同但能够按照严格的定律转化为运动的东西。

这一世界图象，作为一种思想来说并非没有才华，但在今天，已不再有任何追随者了。使它不能为现代研究工作所接受的缺点或错误有如下几点：

（1）它自称完全不用假设，但这一宣称是缺乏根据的。因为为了能说明全部自然现象，就必然要作出关于能量的基本性质及其行为的假定——这些假定之为假设丝毫不亚于关于原子的基本性质及其行为的假定。因为可以肯定，能量既不可能观察到也不可能在时间的每一瞬刻和空间的每一点上加以度量。

（2）不同形式的能量（热，引力能，体积能等等）都被作为不能进一步理解的终极性质而引入。它们不再能互相归并，而且对于

为什么能量呈现为那些各具特性或特征的特定形式，该理论又拒绝给予任何说明。我们对知识的渴望决不会满足于这样的一种思想；相反，这种渴望迫切地要求持续不断地增进自然的统一——特别是由于看到在物理学中，举例来说，在把热解释为机械能的一种形式，把光解释为电磁能的一种形式等方面，已经十分成功地达到了这样的统一。依照唯能论的自然观将使物理学倒退到那种它已经成功地克服了的发展阶段；它便不是一种统一的科学，而是被分解为多个不可归并的组成部分，其数目之多就像我们之有不同形式的能量一样。这样的分类法倒泄露出它是来源于感官知觉的多样性。原先，光学(关于视觉可及的现象的理论)，声学(对应于听觉)，力学(触觉和运动觉)，热学(温度感觉)及电磁学(它不与任何一种专门感官配合因而发展得最晚)就是这样被区分的。现在，物理学的任务正好就是要尽可能地用独立于主观观念的方法来描述自然，这些主观观念完全由人的偶然的组成情况所决定——亦即受人感知外部世界的感官的数目和种类所决定。事实上，现代物理学早已抛弃了这种旧的多重分类法，现在只对力学与电动力学加以区别。因为，尽管一再努力，后二者的统一还未能全部完成。显然，我们方才讲的这些并不是否认目前在实验物理学教科书中在相当大的程度上保留了旧的分类法。因为这些教科书并不关心物理学的体系，而只是指出通向该体系的途径，因此，它们的描述只能从知觉开始，而且还要受教学法考虑的影响。

(3) 最后——这一点从自然哲学的观点来看特别重要——按照原来的解释，能量担当着实体的角色；鉴于这一事实，能量原理本身要求唯能论对实体概念作出意义重大的重建。对能量守恒原理作更仔细的审察就可知道这一原理仅仅只是陈述了在完全确定的条件下某一些不同的度量永远产生相同的结果。这样，这一原

理仅仅只是断言了某些量的总和(“各种能量”的总和)在数值上的恒定或不变。而当唯能论把这一陈述解释成似乎它是一个自我同一实体的量的不变性时，就隐含着一种超出物理原理内容的形而上学的解释。我们马上就可看到，物理学有着很有力的理由在日益广泛的范围内放弃同一性的观念而代之以保留恒定性或不变性的观念，这样一来，旧有的实体观念将被抛弃而还原为定律的观念。这标志着知识的实质性进步;而唯能论,由于它对能量原理的专门解释从而对于保留旧的概念是有利的，将意味着一种反动的倾向。

上列三条理由中的任何一条均足以证明要把唯能论当作自然的最终解释是难以实行的。

（五） 电原子论

在过去几十年里，诞生了一种新的物理世界图象，并赢得了对所有其他图象的胜利。在这一理论中既不试图对全部自然现象作出机械的说明，也不象唯能论那样力图把物理学各不同领域互相归并。代之，它通过少量大胆的假设，达到了自然概念的统一。这种统一如果始终一贯地发展下去，将会在一定程度上满足物理学家和自然哲学家的期望。

新理论赖以建立的基础概念是从电学理论中汲取过来的；由于后者的帮助，原子理论吸收了新的内容。物质的原子结构已被化学的及其他的材料证实到了这种程度，以至于这种或那种形式的原子理论已成为任何一种物理世界图象所不可或缺的东西了。虽然如此,这也并不就一定要把原子理论说成是最终的说明原则，就象在德谟克利特和博斯科维奇的观念中那样。它很可以是派生的,并与这样一种假设相协调,该假设认为最终的实在并非原子的

结构而是一种连续的结构物。在涡旋原子假设中我们已熟悉了该后一可能性的一个实例。

对这一新理论的推动来自于把原子论引入电学理论。无数经验材料越来越肯定地证实了这一假设——电也是由微细而不可分的粒子所组成的;而且可以十分成功地证明,物质的原子——即化学元素的原子——完全由这些带电粒子所组成。按照这一假设,每个化学原子都是由一个带正电的"核"和多个带负电的粒子——所谓"电子"所组成,这些电子以极大速度绕核旋转。一切电子都是相似的——也就是说,每一个电子代表了相同的微量负电。核的基本的正电荷数等于(在原子的正常状态下)绕核旋转的电子数。这样,整个原子所带的正电与所带的负电是相等的,——因此就显得是电中性的。化学元素相互之间的区别仅仅是在于核内的正电荷数。氢原子是最简单的原子,它的核带一个正电荷,伴有一个对应的电子。氦原子的核带两个正电荷并伴有两个电子——如此等等经过整个化学元素序列而一直到铀,它的原子拥有一大群电子——不少于 92 个——和对应的正电荷。

这儿并没有必要深入这一理论的细节,只要强调这样一点也就够了,那就是借这一理论的帮助,已经说明并部分预言了如此庞大数量的物理及化学材料,以至于可以说,这一理论概念的内容一定具有很高的真理价值。附带说,这一理论也为我们大量地提供了某种科学知识;但在这儿,我们唯一关心的是它的哲学意义。

初看起来,这一理论似乎一定标志着实体概念的巨大胜利,这一实体现在被认为是电。看来把实体的特性归之于电比以前所考虑的归之于质量或能量似乎更为合理。今天我们十分肯定地知道,质量——这个量(通常由其"重量"来度量)在所有机械的世界图象中充当着实体的角色——不是一个不变量。虽然"质量守恒定律"

——该定律过去曾被认为是基础定律——通常近似地是对的，但它却不是精确无误的。特别是相对论告诉我们，物体的质量依赖于其速度，而且当物体的速度接近光速时其质量就巨大地增加。这样，从我们现阶段的科学知识来看，质量不能再在旧有的意义上被看作是实体了。——此外，就我们所讨论过的能量而言，有两点理由使我们认为它不如电那么有资格自称为具有“实质性”。首先，任何闭合系统的恒定的总能量随着该系统相对于进行测量的系统的运动状态而变化。当然，没有必要把这一不利条件当作是决定性的。其次，在量子论领域内，最新的实验使我们对能量原理的绝对有效性产生重大的怀疑。的确，看来已几乎不可能避免下列的假定，即能量只有平均说来才是恒定的，而能量原理对于发生在原子内部的十分精细的过程来说也不是永远为真的；小量的能量甚至可能整个儿消失，而又再次重新出现——于此必须注意，所失与所得结果正好互相抵销。

这类怀疑不会在电的量值方面发生。根据我们目前的知识，正电荷与负电荷永远不能创生或消失①；它们的量也不依赖于观察者的处境或运动。事实上，它们的恒定性或不变性似乎是无条件的——而这就是为什么电的基本粒子确曾被认为代表着自然的真正实体。我将在此摘引一位伟大的物理学家索末菲的话。这些话引自他的《原子结构与谱线》一书②。“今天我们认为电是一种具有实体性的东西，这当然是对的。它是唯一能与另一种称为荷正电物的基本实体并列的普遍而基本的实体……与质量相反，电荷以它的恒定性证明它是真正的实体。”在一部现代物理学教

① 当代研究提供了一种“弥散辐射”，这是由一正一负两种组分组成的一对电子的统一。

② 不伦瑞克 1919，第三版 P.22。

程①中我们找到大意如下的论述："现代物理学可以有根据地认为电是真正的原始实体，一切知觉可及的事物均由它而衍生。它是自然探索者寻找了几千年的东西。"

当人们发现在运动中的电的量子——即如电子——其行为就好象该粒子具有机械质量一样(因为按照电学原理，它以一种有特征的方式抵抗任何加速——亦即它呈现出惯性的性质，恰如惯性机械质量一样)，于是就谈到电的"表观"质量。结果，就出现了把一切机械质量都说成是"表观"质量的可能性——亦即，把一切机械质量均归结为电的质量。这样，"电动力学的物质论"发展起来了，这一理论被认为是旧机械论的继承者；而且还流行着这样一种见解，认为这样一来，力学就还原为电学了。

但是，必须注意"电的物质论"这种提法未免有点儿为时过早，因为举例来说究竟核的质量(该质量结合于带正电的粒子，其值约为电子质量的1,800倍)是否能被看作纯粹电的质量似乎还是一个很大的问题。虽然，从原则上来说，这是非常可能的，但该事实通常却以如下的方式来构写，即认为(参见上引索末非的话)正电仅当与"普通"物质结合的时候才表现出来——亦即正电只有在与质量结合的时候才表现出来，而该质量的电性质并不能被认为是已证明了的。其次，是否电子本身的全部质量都可以被阐明为在性质上纯粹是电的，或者是否那些存在于电子内部的定域"内聚能"也许不应被看作是一种有贡献的因素(亦即，有时引入某些内聚力来说明为什么负电荷不因排斥而爆炸性地散裂，却在电子内保持集中状态)，这些都还是疑问。——最后，而且是最重要的，物质的

① 阿图尔·哈斯："Einführung in die theoretische Physik"(«理论物理学引论»)，莱比锡 1919—21 第五、六版，柏林 1930。

最根本的性质——即相互吸引，或万有引力——还是作为牛顿力学的不可归并的剩余物而保留下来了。这样，力学的和电动力学的基本概念在世界图象中还是没有统一起来。物理世界的所有其他领域似乎——就象我们刚才说过的那样——已最后被还原为力学和电的理论。但物理体系这两个方面的最后统一似乎不能通过力学被电动力学同化而获得。要达到这种统一似乎应将力学与电动力学都吸收到一个包罗一切的体系之中，而在此体系内它们二者将结合为更高的统一体。

和机械论相反，电原子论涉及到的是些完全非感性的基本概念，——因为电和电磁力的"本质"都是无法在知觉中呈现的。当然，人们确是把一定的广延归之于电子和原子核，这种广延在数值上甚至可以估计；但这并不因此就断言电子应被设想为一种独特的带电的体积，就象德谟克利特原子被想象为不可入的充满实体的空间一样；相反，对这类粒子直径的数值估计只能被看作是下列距离的一个平均值，该距离代表各粒子假定中心之间互相接近的极限。就象博斯科维奇的动力原子论那样，这一事实应被看作为表现了事件的确定的规则性，而不应被看作是"不可入实体"存在的标志或诸如此类的东西存在的标志。电粒子不能被看成某种可与其环境清楚明晰地分离开来的东西，在这儿内部与外界很难区别，可以说，粒子逐渐消融在其环境中了。

这一环境就是"电磁场"，一种充满了电磁力的真空。对于这种电磁力我们则必须想象为是完全非图象性的"向量"。但在这一理论中，电磁场所扮演角色的重要性，正不亚于嵌入在该电磁场中的那些电子的行为。

宇宙的时间性演化①

(第十一章的补充)

宇宙的时间性演化问题把我们引入与宇宙的广延性或空间性完全不同的另一个自然哲学领域。在一些天文学的普及读物里，这一问题当然是很简单地提出来的。天体物理学把星体演化划分为两个阶段，并认为恒星是由宇宙星云物质凝聚而形成的。正是以这种方式形成了许多明亮的炽热气态球体和许多太阳，它们逐渐凝固和冷却——这一发展过程表现为下列事实，即它们放出的白光先是变得越来越黄，之后又变红，最后就完全熄灭。星体经历的这种演化过程可以认为是确实的，但还是会产生这样的问题：原始的气态星云是从哪儿来的？看来最令人满意的假设似乎是，冷却了的天体又以某种方式再度转变为星云——如果是这样，那么宇宙的全部演化将成为一个永恒的循环：从星云到恒星，从恒星到星云。但是，困难就在于要构写这样一种假设，它既与物理定律一致，又能说明固态物体如何转变为星云。要想构写这样的假设是非常困难的。而且即使我们同意某些科学家的意见，假定两个这类物体的偶然碰撞，有时会由于碰撞所产生的热而使它们都蒸发而变为气态；即使我们同意这种说法，也还是存在如下的问题：这类事件是否能重复无限多次？宇宙演化是否真能被看作是这一类的循环过程？有一条确实的定律似乎是驳斥了这一假设——即熵定律或"熵增加定律"，它也称为热学第二原理*(第一原理是能量原理)。

① 见前引书，第451—456页。

* 即热力学第二定律。——译注

比之于我们所讨论过的其他定律，熵定律完全是一条新型的原理。这定律有不止一个理由值得我们对之作一番哲学上的考察。

如果说能量原理否定了能量无中生有的可能性，那么熵原理则否定了各种能量相互之间任意转化的可能性。按照这一原理，热能只有在一定的特殊的条件下才能转变为功；而其他形式的能量转变为热则不需任何条件。这样的结果就是宇宙中全部能量都在持续不断地转变为热，而热则永远不能再全部转变为功。

在我们刚才所描述的宇宙过程中，热必须不断地产生出来，而消耗星体运动的动能。星体形成过程的每一次重复将伴随着动能的减少而发生；最后就会完全停止。熵原理的普遍推论就是宇宙将在"热寂"中死亡——这也就是说，宇宙将进入一种状态，在该状态中，通过一切温差的均衡，全部能量将转变为热，而且再也不能从热这种形式中释放出来。在这种情况下，所有宇宙事件和过程都将停止——一切都将溶化为我们称之为热的那种振动。人们作出了努力想由此来演绎出世界的"开始"和"末日"。在这方面进行的一系列思考刺激了自然哲学家来更细致地审察熵定律或熵原理。

首先，可以认为熵原理指明的事实禁止我们用上面描述过的那种简单的方式来对待世界上的事件——亦即不能把这些事件看作是从星云到恒星，从恒星到星云的一种交替循环。事实上，宇宙的演化过程要远为复杂。但是，另一方面，我们目前的知识以及第二原理的观念似乎指出从整体上说，该原理与宇宙事件的循环性质也并不是不相容的。但如果熵原理实际上是具有普遍有效性的严格的自然律，那么事情就不同了。因为在那种情况下，宇宙过程将是不可逆的，事件的一个确定的方向被区别出来作为可能的

方向，而其相反的方向则是不可能的。虽然如此，玻尔兹曼所进行的研究使我们有理由相信——而且这一信念在当代科学中占有优势——熵定律不是一条必然的定律，它仅仅只具有可几的有效性。

换句话说，宇宙事件并非总是按熵原理所规定的方式进行，只能说，按这一方式进行的情况平均来说占有压倒优势。举例来说，当这一原理断言："两个温度不同的物体相接触，热的传递方向是从较热的物体传向较冷的物体而不是相反。"这一种陈述之为真其意义正如同下一断言之为真："一颗正常的骰子连掷一百万次，没有一个人会次次掷到六点。"现在，尽管这种百万次重复出现六点并不与任何自然律相抵触，但我们不认为会出现这种情况，而我们却是对的。按照玻尔兹曼的考虑，虽然违反熵定律而发生的事件其概率永不为零，但这一概率通常要大大地小于上述掷骰子的概率。因此，如果我们仅把极大的概率（在某些情况下该概率可以从数值上加以确定）归之于熵定律而不宣称它是严格的自然律，那么我们和那些依赖于熵定律的物理材料就仍然保持一致。

由于熵原理仅仅是一个概率性定律，并因而可以包括矛盾的过程，那么这样的过程就一定会发生——尽管是很罕见的。而时间的流逝越长，这种过程发生的可能性也就越大。现在对宇宙来说，由于有无限悠久的时间供其支配，因此存在于世上的任何状态——从理论上说——没有一种是不能重复或不可逆的。因此，如果宇宙中曾一度发生过象热寂那样的事情，那么，这种普遍未分化的状态必将（有"机会"）自动地再次产生新的分化，到处均匀分布的热也必将（有"机会"）自动地转化为其他形式的能量。那时，相对于在目前宇宙状态中我们所习惯的状况，所有自然过程都会以相反的次序或方向来进行。这样，基于把熵定律当作绝对有效的自然律而作出的一切宇宙学推测就都是站不住脚的。——目前，

这一陈述对我们的目的来说已经足够;因此,再去考虑什么即使保留了熵定律绝对有效的假设,上述推测是否仍没有足够的根据等等,则是多余的了。

从过去到将来这一时间方向的特殊性——亦即下列奇怪的事实:较早到较晚的方向完全不同于相反的方向,前者很显然不能与后者调换——无疑是与自然过程的单向进行有关,而后者又为"第二原理"所制约。或者宁可这么说:过程的不可逆性和时间方向的单向性归根到底是一回事——这一点早已为玻尔兹曼所注意。如果世界上或某部分世界上的所有过程一旦都与熵定律背道而驰,那么过去与将来就将在这一点上交换它们的角色;那时我们就能说时间进程本身发生了逆转。如果我们生活在这种状况之中或被送入了这种状况,我们也许会觉得它异乎寻常——对我们来说有点儿象一部倒过来放映的影片。但另一方面,也很可能我们根本就没有意识到这一切,很可能我们还认为自己仍然是活在正常的世界里。因为很明显,我们所谓的"过去事件"是我们对之有"记忆印象"的事件,而"将来事件"是我们所不知道的事件。归根到底,记忆是我们所拥有的唯一判据,而这只是一个主观的判据。因此,关于哪一些事件是"客观地"在实际上"先于"另一些事件,这样的问题不是我们所能够作出判断的。的确,至于是否我们看来的"过去"是真的"过去",还是很可能是"将来",只是因为一切过程(我们的记忆也属于其中)都已反向从而对我们来说错误地显得象是过去,——要问这样的问题,可能是毫无意义的。

象这一类思考,至少能使我们懂得,只有在十分专门的谨慎的办法或假定的帮助下,我们才能在事件的发展中区分"向前"和"向

后”，或赋予时间方向以客观的意义。——但对这一思想的进一步深究，性质上将是认识论的，不再属于自然哲学的范围。

另一方面，我们愿意来讨论这样一个问题，这个问题处在认识论边界的我们这边。这问题就是一般说来，我们何以只有过去事件的而无将来事件的精确的知识。曾经有人提出说，这一事实的说明只能在熵定律中找到；而且很显然，事情一定就是如此，因为只有该原理才对过去将来这一可疑的区别提供了理由。事实上，对那种不产生可感知的热从而熵定律不起作用的可逆自然过程来说——就象对于天体运动的情况，——推知将来正好和推知过去一样地容易。但通盘看来，这个问题还没有能弄清楚。

实际上我们可以指望——在熵原理的帮助下——将来要比过去更易于演算；因为很明显，详细说明一个未分化的状态（该状态是一种不规则分布的状态所力求趋向的）要比详细说明一个更剧烈地分化的状态（从该状态中发展出一种分化较弱的状态）来得容易得多。如果我们考虑到这一事实，即过去的结构是由客体的空间位形而不是由能量分布的均衡程度来推断的，那么矛盾之处就会解决。过去的事件能被认知和重建，因为它们留下了“痕迹”。我能够看看海滩而知道不久前刚有人走过，但我不可能从海滩上看出在很近的将来是不是会有人走来。最广义的“痕迹”总是以这样一种方式造成的：处于分化形式下的能量（在上述情况下是人足运动的动能）造成物质粒子（海滩上的沙粒）的重新排列并在其上留下确定的形状（足印），该形状是持久的，因为按照熵定律，能量被降低为分散的形式（砂粒分子的不规则运动），并因而不能使粗大的砂粒发生进一步的位置变化。如果能量保存为一种有规则的形式（如动能或势能），那么砂粒在接受足印之后将不会保持静止

状态——从而不会留下任何痕迹。——因为我们的"记忆"无疑是以某些留在我们脑子里的痕迹为基础的，此处给出的说明一般说来可以适用，并从而似乎表明了下述事实，即我们的回忆只涉及过去(借助于第二原理所定义的过去)而不涉及将来。

主题索引和部分译名对照

(按汉语拼音字母次序排列)

A

阿伏伽德罗数 15

B

半人马座α 8,9
半人马座ω 10
拜物教 69
本体 entity 73,84
保持 preservation 64,65
自我保持 64
必然性 necessity 69—
边界条件 22,48
变形 deformation 32—
标准米尺 9,31
并协的 complimentary 55
波包 wave-packets 56
波动力学 55
波粒二象性 54—
波列 trains of waves 56
布朗运动 51
不变量 invariant 18,19,88
不变性 invariance 87,89
不可逆过程 93
不可入的 impermeable 74
不可入性 impermeability 78
不受干扰的物体 body left to itself 41—

C

参考架 38,39
参考系 33,39,46
测不准关系 57
测量 21,57
长度 9,29—
场方程 47
尺 9,29—
重合关系 29,32,33,37—
初始条件 22

D

大陵五 Algol 13
蛋白质 60
笛卡儿系 33
地球 8
点的概念 29
点-中心 point-centres 79
电 88—
电学 87—
电动力学 15,86,91
电动力学系统 15
电动力学的物质论 90
电原子论 electro-atomism 87—
电磁场 91
电磁学 86
电子 13,15
定律 law
共存性定律 law of co-existence 50,51
接续性定律 law of succession 50
落体定律 19
定律的概念 18

定义 23,30—,41,44
定义性的规定 definitory decision 30
具体定义 concrete definition 31,41
直指定义 ostensive definition 23
动力学理论 78—80,83
动能 15,76
度量 mesurement 9,10,30—
度量条件 metrical conditions 32
多普勒效应 13
多普勒定律 13

F

发育力学 developmental mechanics 59
泛精神论 pan-psychism 62
方便 convenience 23
非精确科学 inexact sciences 7
分子 14,76
分子无序性 molecular disorder 51
分子运动论 kinetic theory
气体分子运动论 14,76
热的分子运动论 25,51
物质的分子运动论 14,15
符号 symbols 17

G

概率 94
概率演算 50
概念 17,31、
感受性 sensitivity 59,60,63,67
刚体的概念 30
高斯坐标 33
公理 axioms 22,23
构象 constellation 22,43,63,73
惯性 39,90
惯性律 39,41,42,76
惯性原理 19,38
惯性质量 39
惯性系 38
光 54
光线 9,35
光速 14,56
光谱 12,54
光谱分析 12
光学 22,86
光子 13,15
广延 extension 11,74
归纳 induction 21
规则性 regularity 49,50,62,70,71,72
不规则性 irregularity 50
过程 6
过去 48,95,96

H

哈勃定律 13,14
海王星 8
氦原子 88
函数 19,21,48,49
数学函数 47
合律性 conformity to law 48—,62
恒星系 10,51
宏观宇宙 macrocosm 8
宏观定律 26
活动力 living force 76
活力 vital force 66
活力论 vitalism 58,62—
活力论者 vitalist 64,66
精神活力论 psycho-vitalism 62
旧活力论 older vitalism 62
活能 vital energy 63
化学 17,77
化学元素 13,75,77

J

基体 substratum 74
机械功 84
机械论 25,58
机器 65—
几何学 9,33—
欧几里得几何 34,40
数学几何 34

非欧几何 35
记忆 95,96
伽利略系 38
加速度 71
假设 6,21
假设-演绎系统 22,34
简单性 49
将来 48,95,96
结果 effect 47,69
紧密程度 degree of compactness 76
精确科学 exact sciences 7
精神活力论 psycho-vitalism 62
经验哲学学会 Society for Empirical Philosophy 3
聚点 points of accumulation 50
距离 9,10,29
具体定义 concrete definition 31,41
决定论 determinism 49,57
绝对亮度 absolute brightness 10
均匀同质的 homogeneous 67
均匀同质性 homogeneity 70
句子 23,24,44

K

克鲁格 60 Krugger 60 13
空间 space 6,14,28—
空间概念 28
空间变形 32—
空间测定 28—
空间度量 9,10,
空间结构 28
空间曲率 39
空间以太 25,38,81
物理空间 28,40
心理空间 40
知觉空间 28
非空间性 non-spatiality 68

L

类精神过程 psychoid 65
类空差别 space-like differences 45
类空层 space-like levels 50
类时差别 time-like differences 45
类时纤维 time-like fibres 50
理论 21—,25—
理想流体 80
力 20
力的概念 43,70,71
超距作用的力 73
力学 22
粒子 15,17,76
连续论 80—
量子论 15,53,68,89
邻域引力势 gravitational potential in that neighbourhood 39
卢瑟福-玻尔原子模型 15
逻辑概念性的 logico-conceptual 69
洛伦兹收缩 45

M

矛盾律 49
弥散辐射 dispersed radiation 89
密度 76
面把 bundles of surfaces 33
明显自发动作 apparently spontaneous movement 68
命题 5,6,21—,28,44
分析命题 38
导出的命题 23
命题函数 22,34
命题系 21,28
模型 9,14,15,25,26,28
四维模型 36
目的(意图) purpose 65
有目的性 purposiveness 65
目的论 teleology 64,66

N

能包 packet of energy 36
能量 15,23,58,84—96
能量形式 85

能量原理 43,63,66,86,89,93
能量守恒定律 84
能量守恒原理 86
平均能量 15
尿素 60
牛顿力学 25,81,91
牛顿体系 38
诺伊曼的α物体 38

O

欧拉方程 82

P

普遍有效性 21
普朗克常数h 53,54

Q

气态星云 92
氢原子 88
球状星团 globular clusters 10

R

热 15,17,85,86,92—
热学 86
热学第二原理 92,97
热寂 heat-death 93
认识论 75,96

S

熵 entropy 51
熵定律 51,92—
神 God 65
生命的冲动 élan vital 20
生命力 life force 62,66
生命原理 life principle 66
生命胚种 living germ 61
生命自律 autonomy of life 58,66—68
生物学 22,58,62,64,68
生物学家 58,61,64
声学 22,25,86
世界图象 world picture 18
世界线 world line 36,37
时空的 spatio-temporal 15
时空流形 space-time manifold 48
时空坐标 space-time co-ordinates 49
时间 6,14,25,41
时间方向 95
实体 Substance 18,25,38,73—,77—
实体概念 18,38,78—
实在 reality 25
实质性 substantiality 89
视差 parallax 10
视大小 apparent size 10
视亮度 apparent brightness 10
睡眠 62
四维 36—,48
四维连续域 36
四维世界 36—
四维柱体 48
四维模型 36
速度 19,23,56,57,82,83
数学形式主义 mathematical formalism 55

T

太阳 8,10
太阳系的起源 11
弹性 76
体积能 energy of volume 85
天体物理学 12,92
天文学 12,15,92
同时关系 simultaneity 36,45—
同一性 identity 87
同义反复的 tautological 41,42
统一性 uniformity 31
图象式模型 8—,15,25—,57
拓扑学条件 32

W

万有引力 78,91
威尔逊山天文台 13

维也纳学派 3
微分方程 47
微观宇宙 14—26
微观定律 26,47
微观过程 26,27
唯能论 Energetics 63,84—
位形 Configuration 39,96
  位形空间 Configuration space 55
  总的位形 total Configuration 43
温差 93
文化科学 cultural sciences 6,7
涡环 vortex rings 81
涡环原子论 26,48
涡旋原子 vortex atoms 80,81,83,88
涡旋原子论 80—
物理学 22,34,35,38,64
  经典物理学 49
物质 13
  物质的存在 82
  物质的运动 82
  电的物质论 90
  电动力学的物质论 90
  动力物质论 79
  机械物质论 79
无机 60—
  无机化学 60
无意识 62

X

希腊哲学家 18,74
细胞 60
仙女座 10
线 25,29,31,33
线系 33
相对论 2, 11, 14,37,38, 39—, 45—, 54,56,89
向量场 83
谐势系统 harmonious-potential system 67
心理空间 40
心理模型 19,20
心理姿态 6
心灵 psyche 66
形态学 60
星体演化 Stellar evolution 13,14
星系 galaxy 10,14
行星系 9,11
旋涡星云 10,13,14
薛定谔波动方程 55

Y

遗传性 68
以太 25—,46
拟人论 69
意识 62,64
意图 purpose 64
意志 20
艺术 6,7
演绎 deduction 17,21,22,26
因果性、因果关系 causality 50,57, 69—
因果性概念 70
因果过程 72
因果原理 47—
银河 Milky way 10
银河系 galactic systems 10,14
引力定律 11,19
引力能 85
应激性 irritability 59
永动机 63,84
有机 60—
有机化学 60
铀原子 88
宇宙 Universe 8—
  有限的宇宙 11,51
宇宙学 Cosmology 12
宇宙演化 Cosmic evolution 11—, 92—
隐得来希 Entelechy 65,68
原因 cause 47,68
原子 13,14,76
  原子概念 14,73—

原子物理学 12
原子理论 atomic theory 14,26,87
原子论 atomism 80
博斯科维奇原子 79
德谟克利特原子 91
玻尔原子模型 15,26,54
动力原子论 78—,91
电原子论 87—
机械原子论 73—
涡旋原子论 80—
原生质 61,63
原始同一性 genetic-identity 37,38,39
原始同一性条件 37
约定 convention 31—,41
约定论 conventionalism 41—
运动 25,37—,74
运动概念 25
运动定律 39

Z

再生能力 64
造父变星 Cepheid Variable 10
造父δ 10
真空 38
真实性 truth 5,6,21
正当性表明,表证 justification 26
知觉场 29,39
知觉模型 55
知觉映象 55
支配者 dominants 66
质量 11,23,25,71—,88—
质量概念 72
质量守恒定律 88
质子 13,15
中世纪 75
中性体 neutral entities 54
状态的变化 47
自然哲学 5,6,7
自然
自然知识 6
自然律 6, 19, 21, 24, 25,31,33,69—
自然科学 5,6,7,26
无机自然 59
有机自然 59
描述自然 17,33,35
自我同一媒质 self-identical vehicle 73
自在实体 Substance-in-itself 79
自在之物 Matter-in-itself 79,80

人名索引

（按汉语拼音字母次序排列）

A

阿伏伽德罗　Avogadro　98
阿雷尼厄斯　Arrhenius　51
阿那克西米尼　Anaximenes　18
阿特沃特　Atwater　63
爱丁顿　Eddington　12,13
爱因斯坦　Einstein　2,11,13,19,34,38,39,45,72
奥斯特瓦尔德　Ostwald　3,59,85

B

巴斯德　Pasteur　60
博斯科维奇　Boscovitsch　26,79,87,91
玻恩　Born, Max　55,56
玻尔　Bohr　15,26,55
玻尔兹曼　Boltzmann, Ludwig　2,51,94,95
柏格森　Bergson　20
布朗　Brown　51
布鲁诺　Bruno, Giordano　11

D

道尔顿　Dalton　14,75
德布罗意　de Broglie　54—,
德谟克利特　Democritus　14,26,74,75,77,79,80,81,87
德索尔　Dessoir　2,4,26,69
笛卡儿　Descartes　29
杜比斯拉夫　Dubislav　3
杜波-雷蒙　Dubois-Raymand　59
杜里舒　Driesch　65—
多普勒　Doppler　13

F

法拉第　Faraday　15
弗兰克　Frank, Philipp　3
弗里德曼　Friedmann　13,14
费尔沃恩　Verworn　63

G

高斯　Gauss　33
贡佩尔兹　Gomperz　2

H

哈勃　Hubble　13,14
哈恩　Hahn　2
哈斯　Haas, Arthur　90
海克尔　Haeckel　59
海森伯　Heisenberg, W.　55—
亥姆霍兹　Helmholtz　32,79,81,82
赫拉克利特　Heraclitus　18
赫兹　Hertz　26
霍利切尔　Hollitscher, Walter　4

J

基尔霍夫　Kirchhoff, G.　71
伽利略　Galileo　19,38

K

卡尔纳普　Carnap　2,32
开耳芬勋爵　Kelvin, Lord　15,81
康德　Kant　5,7,11,79

克拉夫特 Kraft 2
孔德 Comte, Auguste 12

L

拉普拉斯 Laplace 11
莱布尼兹 Leibniz 82,83
莱温 Lewin, Kurt 37
赖兴巴赫 Reichenbach 3
赖因克 Reinke, Johannes 66
劳舍尔 Rauscher, Josef 4
勒梅特 Lemaitre 13,14
里克特 Rickert, Heinrich 7
兰金 Rankine 85
留基波 Leucippus 14,74
鲁,威廉 Roux, William 59
鲁布纳 Rubner 63
鲁卡西维茨 Lukasiewicz 49
卢瑟福 Rutherford 15
洛伦兹 Lorentz 45

M

马赫 Mach, Ernst 2,69,71
麦克斯韦 Maxwell 15,47,49
迈耶森 Meyerson 19
门格尔 Menger 2
闵可夫斯基 Minkowski 36

N

牛顿 Newton 5,11,19,34,38,71
纽拉特 Neurath 2

O

欧几里得 Euclid 34,40
欧拉 Euler 81,82

P

彭加莱 Poincare 26,31,32,34,35
皮埃里 Pieri 22
普朗克 Planck, Max 1,2,53
普卢默 Plummer 10

Q

齐尔泽尔 Zilsel 2

S

沙伊贝尔博士 Scheibel, Dr. Alfred 4
石里克 Schlick 1,2,3,4,7, 11, 17, 20,24,26,28,33,49,57,68,69
斯宾塞 Spencer 59
叔本华 Schopenhauer 20
索末菲 Sommerfeld 89,90

T

塔尔斯基 Tarski 2
泰勒斯 Thales 18
汤姆孙 Thomson, J. J. 81

W

维特根斯坦 Wittgenstein, Ludwig 3
魏斯曼 Waismann, Frederick 1,2
乌尔施泰因 Ullstein 4

X

希尔伯特 Hilbert 2
夏普勒 Shapley 10
休谟 Hume 48,69
薛定谔 Schrödinger, E. 55—

Y

亚里士多德 Aristotle 49